T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

MEKANİZMA YAPIMI
523EO0489

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR....ii
ÖĞRENME FAALİYETİ -1....3
1. DÜZLEMSEL MEKANİZMALAR....3
1.1. Düzlemsel Mekanizma Tanımı....3
1.2. Uzuvlar ve Mafsallar....5
1.3. Mafsal Çeşitleri....6
1.4. Kinematik Zincirler....10
1.5. Mekanizma Çeşitleri....11
1.5.1. Salınım Hareketi Yapan Mekanizmalar....12
1.5.2 İleri-Geri Çalışan Mekanizmaları....25
1.5.3. İndeksleme Kam Mekanizmaları....28
1.5.4. Tersine Hareket Üreten Mekanizmalar....32
1.5.5. Düz-Çizgi Üreteci Mekanizmalar....33
1.5.6. Kaplinler....34
1.5.7. Kayıcı Mekanizmalar....35
1.5.8. Durma ve Bekleme Mekanizmaları....39
1.5.9. Eğri Üreteçleri....39
1.5.10. Sıkma ve Konumlama Mekanizmaları....40
1.5.11. Doğrusal Hareketlendirici Mekanizmalar....40
1.6. Ters Kinematik....40
1.7. Mekanizmaların Hareketi....42
UYGULAMA FAALİYETİ....44
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....52
ÖĞRENME FAALİYETİ- 2....54
2. RİJİT CİSİMLERİN KİNEMATİĞİ....54
2.1. Rijit Mekanizmaların tanımı....54
2.2. Dairesel Hareket....56
2.2.1. Düzgün Dairesel Hareket....56
2.2.2. Düzgün Değişen Dairesel Hareket....60
2.3. Mekanizma Problemleri....62
2.4. Hareketin Vektörel İfadesi....64
UYGULAMA FAALİYETİ....65
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....73
ÖĞRENME FAALİYETİ- 3....74
3. GENEL DÜZLEMSEL HAREKET....74
3.1. Genel Düzlemsel Hareket Tanımı....74
3.2. Anlık Dönme Merkezi....76
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....82
MODÜL DEĞERLENDİRME....84
CEVAP ANAHTARLARI....86

AÇIKLAMALAR

KOD	**523EO0489**
ALAN	**Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Alan ortak**
MODÜLÜN ADI	**Mekanizma Yapımı**
MODÜLÜN TANIMI	El aletlerini kullanarak mekanizmaları yapma becerisinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Kayış kasnak mekanizmaları modülünü almış olmak
YETERLİK	Mekanizmalar yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam sağlandığında el aletlerini kullanarak kurallara uygun olarak mekanizma yapabileceksiniz. **Amaçlar** 1. Standartlara uygun olarak dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren düzenekler yapabileceksiniz. 2. Standartlara uygun olarak kayma hareketi yapan mekanizmalar yapabileceksiniz. **3. Standartlara uygun olarak dairesel hareketle güç aktarımı yapabileceksiniz.**
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Mekanik atelye, bilgisayar laboratuvarı, **Donanım:** Mekanik atelye takım tezgâhları, eğe, gönye, çekiç, pense, tornavida, mengene, kumpas, markacı boyası, çizecek, pergel, nokta, açı gönyesi, mihengir, pleyt, çelik cetvel
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyetin sonunda ölçme soruları ile öğrenme düzeyinizi ölçeceksiniz. Araştırmalarla, grup çalışmaları ve bireysel çalışmalarla öğretmen rehberliğinde ölçme ve değerlendirmeyi gerçekleştirebileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modülde, fiziğin mekanik koluna ait hesapları gözden geçireceksiniz. Bu hesaplarda maddesel nokta kavramından rijit yani katı cisim hesaplarına adım atacaksınız. Çevremizde karşımıza çıkan çeşitli parçalardan oluşan ve bir fonksiyon icra eden tertibatların görev tanımını yapabileceksiniz.

Bu modül üç öğrenme faaliyetinden oluşmaktadır.

- Düzlemsel mekanizmalar
- Dönmenin kinematiği
- Genel düzlemsel hareket

Öğrenme faaliyetlerinde konu, teorik bilgiden daha çok örnekler üzerinde anlatılmıştır. Her an karşımıza çıkabilecek gerçek dünyadan örnekler problem çözümünde kullanılmıştır.

Örnekler çoğunlukla adım adım anlatılmıştır. Bu yöntem problem çözümüne katkı sağlayacaktır. Sorular ve sorunlar karşısında çaresizliğe düşmeden önce adımlara bölerek üstesinden gelebilme kabiliyeti kazandıracaktır.

Modül içinde türev ve vektörel çarpım konuları problem çözümünü basitleştirdiği için kullanılmıştır. Aynı zamanda öğrencilerin öğrendiği matematik kavramlarını kullanma imkânı da sağlamaktadır. Bu konuların matematik öğretmenleri ile konuşularak konuların müfredat içindeki yerine göre öğrencilere anlatılması ya da hatırlatılması sağlanmalıdır.

ÖĞRENME FAALİYETİ -1

ÖĞRENME FAALİYETİ -1

AMAÇ

Standartlara uygun olarak dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren düzenekler yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Sevgili öğrenci, bu öğrenme faaliyetinden önce aşağıdaki hazırlıkları yapmalısınız.

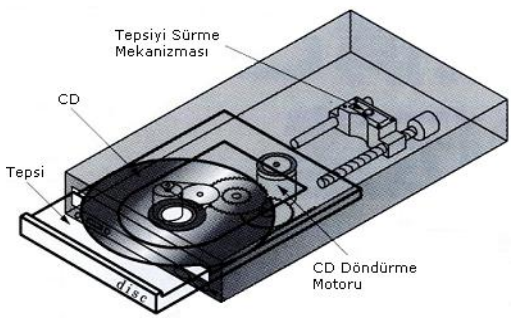
- Çevrenizde gördüğünüz mekanizmalara örnekler veriniz.
- Çocuk oyuncaklarının içlerine bir göz atarak mekanizmaları inceleyiniz, mümkünse sınıfa getiriniz.

1. DÜZLEMSEL MEKANİZMALAR

Güç ve hareket aktarımında kullanılan önemli makine elemanlarındadır.

1.1. Düzlemsel Mekanizma Tanımı

Mekanik parçaların bir araya getirilmesiyle bazı işlerin bu oluşturulan düzenekle yerine getirildiğini çevremizde çok sık şahit olmaktayız. Gündelik hayatta işimizi çok kolaylaştırdığı gibi birçok teknolojik aygıtın arkasında da hep o mekanik parçalar vardır. İş yapan bu mekanik parçalar grubuna mekanizmalar denir. Bir sonraki konuda olduğu gibi mekanizmalar için daha teknik bir tanımlama yapılabilmesine karşın gündelik hayatımızda mekanizmalar amaca yönelik iş yapan mekanik parçalardır. Amaca yönelik işi yorumlarken mekanik parçaların niteliğinden pek bahsedilmez. Örneğin bir CD'yi yuvasından dışarı çıkarırken o işi yapan mekanik ve elektronik elemanlardan ziyade **CD çıkarma mekanizması**ndan söz edilir.



Şekil 1.1: CD sürücü

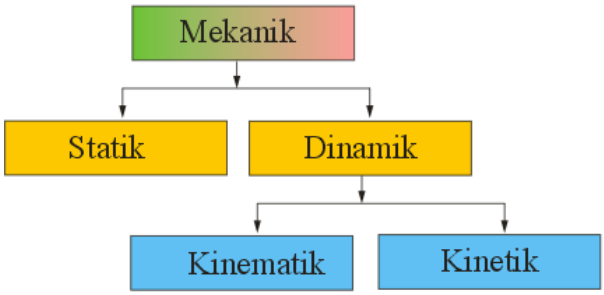
Yine otobüs kapılarının açılması ve kapanması, otomobil krikoları, ayarlı pensler, zayıflama aletleri, araçların cam silecekleri hep mekanizmaların yardımıyla çalışmaktadırlar.

Şekil 1.2: Mekanizma örnekleri

Mekanizmaları oluşturan tüm mekanik parçalar, geometrisine bağlı olarak hareket eder. Parçalar arasında bir bağlantı vardır. Bu bağlantı sağlanmazsa mekanizmadan beklenen görev tam olarak gerçekleşemez. Örneğin, akordeon tipi bir takım çantasında bölmeler arasındaki irtibat çubuklarında bir oransızlık varsa çantanın kapanması ve açılması anındaki paralellik sağlanmaz.

Şekil 1.3: Takım Çantası

Mekanizmaları incelemenin birbirinden farklı iki yönü vardır. Tasarım ve analiz. **Tasarım;** istenen bir amacı gerçekleştirebilecek şekilde her bir parçaya şekil verilmesi, boyutlandırılması ve malzeme seçimidir. **Analiz** ise var olan ya da önerilen bir tasarımın istenen göreve uygunluğunun araştırılması, yani mekanik ve mukavemet hesaplarının yapılmasıdır. Mekanik hesaplarda hareket ve bu harekete sebep olan kuvvetler incelenir. Bu ilk defa 1775 yılında Euler tarafından sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.4: Mekaniğin sınıflandırılması

- **Statik:** Cisimlerin durgun haldeki durumlarını inceler.
- **Dinamik:** Cisimlerin hareket halindeki davranışını inceler.
- **Kinematik:** Dinamiğin alt dalıdır. Cisimlerin hareketini, hız ve ivme yönünden inceler.
- **Kinetik:** Dinamiğin alt dalıdır. Cisimlerin hareketini, o hareketi doğuran kuvvetleri dikkate alarak inceler.

Tasarımda ilk adım parça geometrisine karar verme sonrası kinematiğini anlamaktır. Mukavemet biliminde ise gelen kuvvetlere karşı makine parçalarının boyutlandırılması incelenir. Günlük hayatımızda karşımıza çıkan mekanizmaları gruplaya ayırmadan önce mekanizmaları anlamada temel teşkil edecek yapı taşlarını inceleyelim.

1.2. Uzuvlar ve Mafsallar

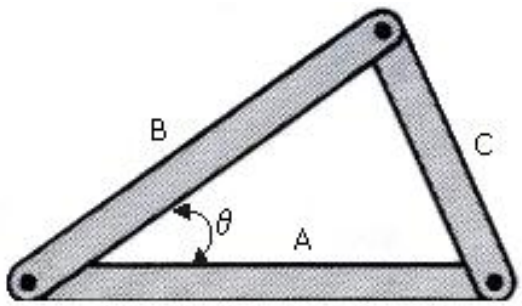
Mekanizmalar hareket tipine bağlı olarak düzlemsel, küresel ve uzaysal olmak üzere üçe ayrılır. Mekanizmanın kinematik yapısı hangi uzvun hangi uzva ne çeşit mafsalla bağlandığı bilgisini sağlar.

Kuvvet uygulandığında her cisim şekil değiştirir. Fakat mühendislik hesaplamalarında cisimlerin, kuvvetlerin etkisi altında şekil değiştirmediği, cisme ait iki nokta arasındaki uzaklığın sabit kaldığı ya da ihmal edilebilir derecede olduğu kabul edilir. Böyle cisimlere rijit cisimler ya da katı cisimler denir. Cismi rijit kabul etmek, mekanizmanın kinematik hesaplarını kolaylaştırır. Buna rağmen ağırlıkça hafif ve hızın yüksek olduğu yerlerde cismin şekil değişiminin olabileceği de gözden uzak tutulmamalıdır. Bu cisimler bizim uygulamalarımızda rijit olarak kabul edilecektir.

Bir makineyi ya da mekanizmayı meydana getiren her bir elemana ***"uzuv"*** denir. Kinematik açıdan aralarında herhangi bir göreceli hareketi olmayan iki ya da daha fazla eleman da bir uzuv olarak kabul edilir. Şekil 1.3'te görülen takım çantasındaki her bir eleman bir uzuvdur. Çünkü birbirlerine göre izafi bir hareketi vardır. Uzuvlar mekanizma ya da makinede eşli bağlanır. Yani tek başına bir değer ifade etmez. Bu iki uzuv arasındaki bağlantıya ***"mafsal"*** denir. Mafsallar iki eş uzuv arasındaki göreceli harekete sınırlama getirir. Mafsal tarafından izin verilen bağıl hareketin cinsi, iki mafsal arasındaki temas yüzeyinin biçimiyle alakalıdır.

Bir uzvun temas yüzeyi bir "eşli eleman" olarak adlandırılır. Böyle iki eleman bir "kinematik eş" oluşturur. Kinematik eş elemanlarını temas çeşidine göre düşük ve yüksek eşli elemanlar olarak ikiye ayırırız. Elemanlardan birisi diğerini çevreliyor ya da örtüyorsa bu "düşük eşli" adını alır. Mektup kâğıdını zarf içine alır. Bu türde elemanlar geometrik olarak birbirini tamamlar ve yüzey temaslıdır. Örneğin bir yüzey küresel ise diğeri bunu kapsayacak şekilde çukurdur. Öte yandan elemanlar birbirini kapsamıyorsa buna da "yüksek eşli" denir. Çizgisel ya da noktasal olarak birbirleriyle temas ederler.

- **Serbestlik Derecesi:** Bir mekanizmada uzuvlarının konumunu bulmak için gerekli olan parametredir. Uzuv ve mafsal sayısına göre değişmektedir. Şekil 1.5'te görülen üç çubuktan oluşan mekanizmanın her bir uzvunun konumunu söylemek için çubuklarının boyutunun yanında iki uzuv arasındaki bir açının da bilinmesi gerekir. Bu açıdan yararlanarak uzuvların uç koordinatları bulunabilir. Bu yüzden bu mekanizmanın serbestlik derecesi birdir. Burada hemen belirtmek gerekir ki serbestlik derecesi (burada Θ açısı), uzuv boyutlarına bağlı değildir. Yani aşağıda B uzvunun uzunluğu 50 mm yerine 45 mm olsa yine de konumların tayinin için bu açıya gerek vardı. Bu konuya daha sonra tekrar döneceğiz.

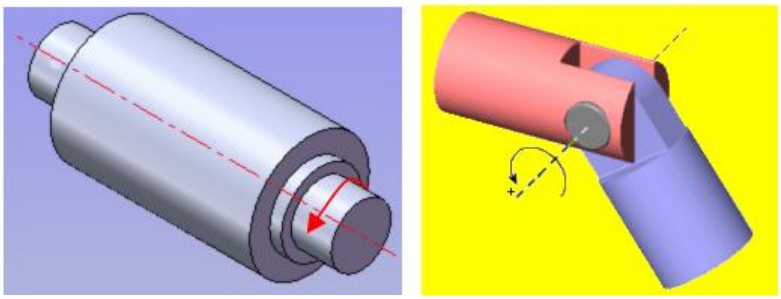


Şekil 1.5: Serbestlik derecesi

1.3. Mafsal Çeşitleri

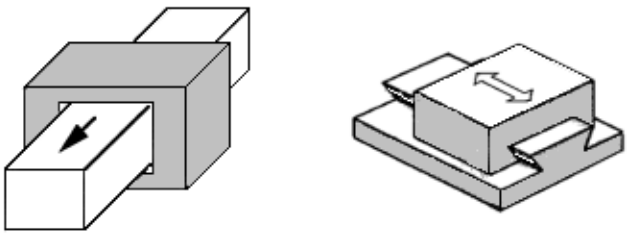
Mekanizmalarda iki tane yüksek ve altı tane düşük eşli bağlantı ya da mafsallar sık kullanılırlar. Bunları kısaca açıklayalım.

Döner mafsal: İki eş eleman birbirine göre bir eksen etrafında döner. Hareketin miktarı mafsal geometrisine göre sınırlandırılır. Sadece tek bir serbestlik derecesine imkân verir. Bu mafsala, menteşe ya da pim mafsalı da denir. Mekanizmaların işlevsel şema resimlerinde R harfi ile temsil edilir.



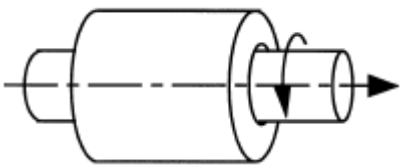
Şekil 1.6: Döner mafsal

- **Prizmatik mafsal:** İki eş eleman, mafsal geometrisine bağlı olarak belirlenen bir eksen boyunca birbirine göre kayar. Tek bir serbestlik derecesi vardır. P harfi ile temsil edilir.



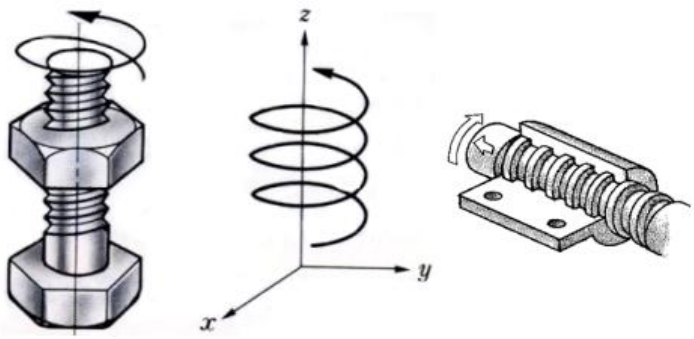
Şekil 1.7: Prizmatik mafsal

- **Silindirik mafsal:** Bir eksen etrafında dönme ve bu eksen boyunca bir kaymaya izin verir. Bu yüzden iki serbestlik derecesi vardır. Silindirik mafsal, eksenleri paralel hem prizmatik hem de döner mafsalın seri halde bağlanmasına eştir. C ile gösterilir.



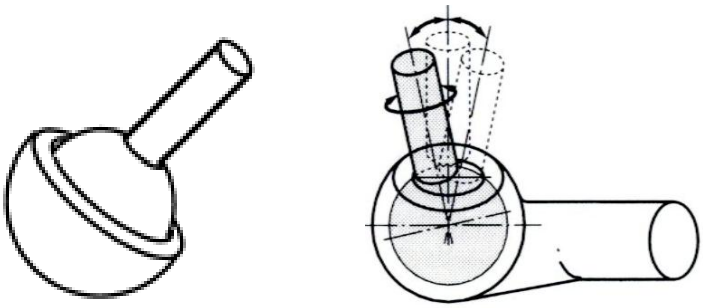
Şekil 1.8: Silindirik mafsal

- **Helisel mafsal:** Vidalı sistemlerdir. İki eş elemanın bir eksen etrafında dönmesi ve bu dönme sonucunda ilerlemesini sağlar. İlerleme hareketi dönme hareketine bağlı olduğundan helisel mafsal tek serbestlik derecesine sahiptir. Çünkü dönme olmazsa ilerleme olmaz. H ile gösterilir.



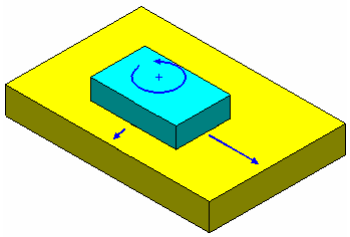
Şekil 1.9: Helisel mafsal

Küresel mafsal: Bir kürenin ekseni etrafında bir elemanın diğerine göre serbestçe dönmesini sağlar. Eş elemanlar arasında bir öteleme ve ilerleme hareketinin olmadığı bir "bilya-yuva" mafsalıdır. Üç serbestlik derecesi vardır. Kinematik olarak üç tane kesişen döner mafsalın eşitidir. S harfi ile gösterilir.



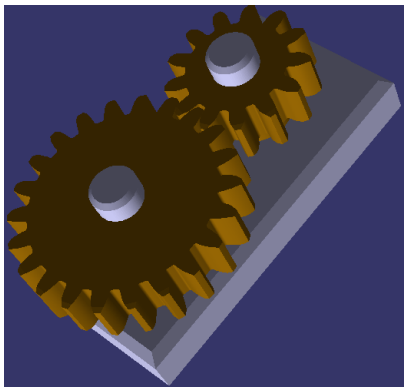
Şekil 1.10: Küresel mafsal

Eşli düzlem: Bir düzlem üzerinde iki öteleme hareketi ve bu düzleme normal bir eksen etrafında bir dönme hareketine izin verir. Bu yüzden üç serbestlik derecesi vardır.



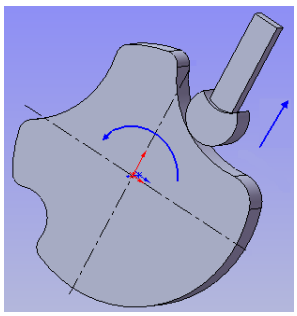
Şekil 1.11: Eşli düzlem

Eş dişli: Temas eden iki dişin temas noktasında bir dişlinin diğerine göre dönme ve kaymasına izin verir. Ayrıca her bir dişlinin hareket uzayı dönme eksenine düşey bir düzlemle sınırlandırılmıştır. İki serbestlik derecesi vardır. G harfi ile gösterilir.



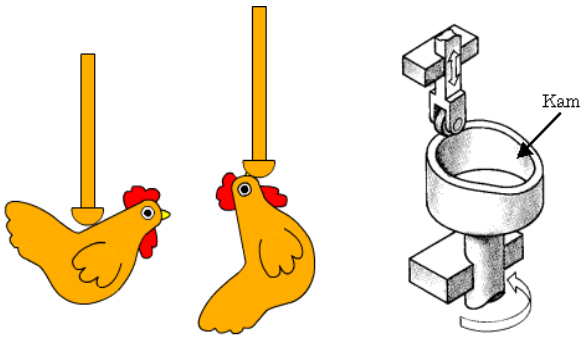
Şekil 1.12: Eş çalışan dişli

Eşli Kam: Kam adı verilen şekilli bir parça üzerinde bir ucun dönmesine ve kaymasına sebebiyet verir. Uç kam şeklini izler. C_p ile gösterilir. Kam ve izleyicinin daima temas halinde olmasını bir yay sağlar. İki serbestlik derecesi vardır.



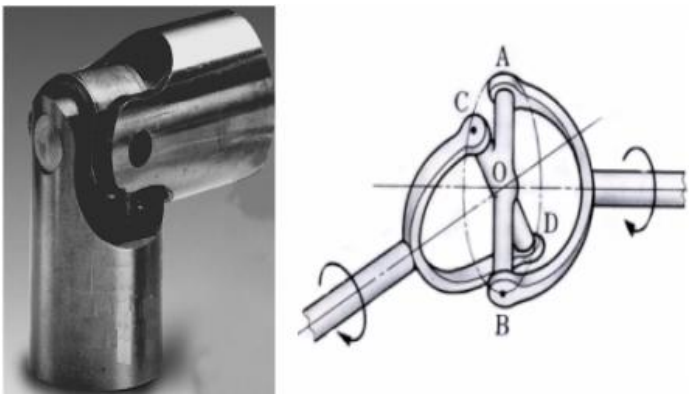
Şekil 1.13: Eş çalışan kam

Kamın izleyici ile temas eden yüzeyi amaca uygun olarak şekillendirilebilir.



Şekil 1.14: Çeşitli kam yüzeyleri

Bundan başka çok yaygın kullanılan üniversal mafsal, kardan (cardan) ya da hooke mafsalı adı verilen karma bir mafsal daha vardır. Kesişen iki döner mafsaldan meydana gelir. Özellikle eksenler arasında kaçıklık olan millerde hareket iletiminde kullanılır.



Şekil 1.15: Cardan kavrama

Döner, prizmatik, silindirik, helisel, küresel ve eşli düzlem mafsalları düşük eşlerdir. Dişli ve kamlı mafsallar yüksek eşlilerdir. Tablo1.1'de kinematik mafsalların serbestlik derecelerin ve hareket türlerini özetlemektedir.

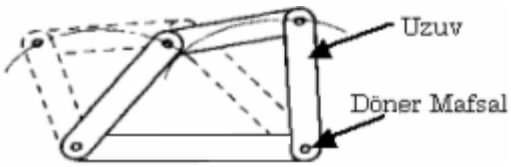
Kinematik Eş	Simge	Ser. Der.	Döner	Öteleme
Döner	R	1	1	0
Prizmatik	P	1	0	1
Silindirik	C	2	1	1
Helisel	H	1	1	Döner mafsala bağlı
Küresel	D	3	3	0
Düzlem	E	3	1	2
Eş Dişli	G	2	1	1
Eşli Kam	C_p	2	1	1

Tablo 1.1: Mafsalların serbestlik dereceleri

1.4. Kinematik Zincirler

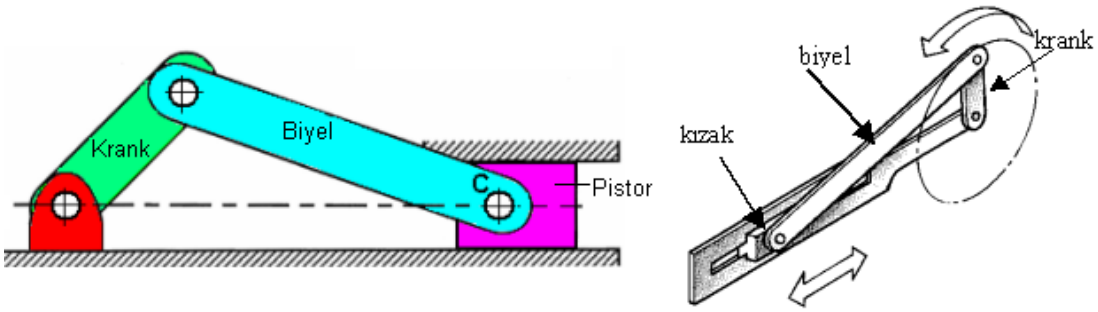
Mafsallarla bağlı olan rijit gövde ya da uzuvların birbirine bağlanmasıyla kinematik zincirler oluşur. Bir kinematik zincirdeki her bir uzuv sadece bir yol üzerinden tek bir uzva bağlı ise bu zincire "açık-çevrimli zincir" denir. Öte yandan her bir uzuv bir diğer uzva en azından iki farklı yoldan bağlanıyorsa "kapalı-çevrimli zincir" denir. Bir kinematik zincirin hem açık hem de kapalı zincire sahip olabileceği unutulmamalıdır. Böyle zincirlere de "hibrit ya da karışık zincir" adı verilir.

Kinematik zincirdeki uzuvların biri bir yere bağlanırsa bu zincire mekanizma denir. Kurallara bağlı uzva, sabit uzuv denir. Seçilen bir uzva kuvvet uygulanarak kurallara göre hareket ettirilirse diğer tüm uzuvlar, serbest halde değilse mafsallara bağlı olarak zoraki hareket ederler.



Şekil 1.16: Kinematik zincir

Buna göre bir mekanizma hareket ve/veya döndürme momentini (tork) bir uzuvdan diğer uzva aktaran bir aygıttır. Şekil1.17'de çeşitli uzuvlardan meydana gelen bir krank-biyel mekanizmasını göstermektedir. Bu mekanizma krankın daimi dönme hareketini pistonun gidip geri gelme hareketine çevirmektedir.



Şekil 1.17: Krank-biyel mekanizması

Bir ya da daha fazla mekanizma, hidrolik-pnömatik ve elektriksel bileşenlerle bir araya getirildiğinde **makine** adını alır. Makineler, bir enerji türünü bir amaç doğrultusunda faydalı enerjiye çeviren birden fazla mekanizma ve bileşenlerin bir araya getirilmesidir. Mekanizmanın sabit ve başlangıç noktası mafsallarla birbirine bağlanmış rijit gövdelerdir.

Makine ile mekanizma arasındaki benzerlikler şöyle sıralanabilir.

- Her ikisi de rijit gövdelerden oluşur.
- Gövdeler arasındaki göreceli hareketler belirlidir.

İkisi arasındaki farklar ise;

- Makineler enerjiyi iş yapmak üzere dönüştürür. Mekanizmaların böyle bir şeyi yapması zorunlu değildir.
- Makineler de birden fazla mekanizma bulunabilir. Mekanizma makinenin sadece bir görevini üstlenir. Bir mekanizma birden fazla makinede kullanılabilir.

1.5. Mekanizma Çeşitleri

Mekanizma sabit bir işi güvenle yapar. Bugün yüksek teknolojili birçok makine elektronikle destekli olsa da mekanizmaya ilgi hiçbir zaman azalmamıştır. Oyuncaklarda, takım tezgâhlarında, el aletlerinde hemen hemen her gün karşımıza çıkmaktadır ve çıkmaya da devam edecektir. Çünkü mekanizma da elektronik de birbirini destekler. Örneğin yazıcıda

kâğıt alma mekanizması olmadan yazıcıyı kullanmak mümkün değildir. Mekanizmaları kesin olarak sınıflandırmak mümkün olmamakla beraber belirli görevleri üstlenenleri bir araya toplanabilir.

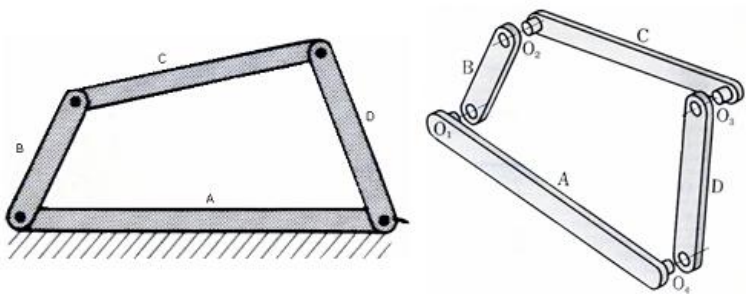
Aşağıdaki liste, hareket tiplerine göre mekanizmaların fonksiyon listesidir.

- Salınım hareketi yapan mekanizmalar
- İleri-geri çalışan mekanizmaları
- İndeksleme mekanizmaları
- Tersine hareket üreten mekanizmalar
- Düz-çizgi üreteci mekanizmalar
- Kaplinler
- Kayıcı mekanizmalar
- Durma ve bekleme mekanizmaları
- Eğri üreteçleri
- Sıkma ve konumlama mekanizmaları
- Doğrusal hareketlendirici mekanizmalar

1.5.1. Salınım Hareketi Yapan Mekanizmalar

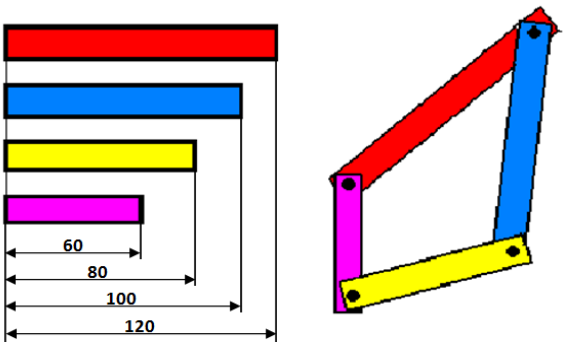
Bu tip mekanizmalar salınım hareketi yapar. Salınım hareketi ileri-geri hareketi yaparken her seferinde aynı yolu takip eder. Duvar saatlerinin sarkacı gibi.

- **Dört çubuk mekanizması:** En sık karşımıza çıkan mekanizmadır. Biri sabit üçü hareketli dört uzuvdan meydana gelir. Uzuvlar arası mafsalla bağlanmıştır.



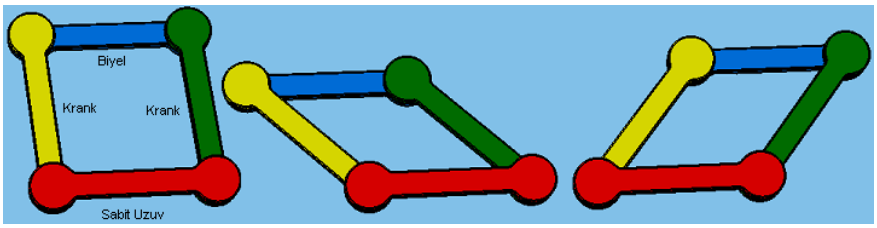
Şekil 1.18: Dört çubuk mekanizması

Kendimiz de basitçe bir dört çubuk mekanizması oluşturabiliriz. Kalın kartondan Şekil 1.19'da görülen ölçülerde dört tane şerit keselim ve birer toplu iğne ile birleştirelim. Burada toplu iğne mafsal görevini üstlenmektedir.120 mm ölçüsündeki şeridi sabit tutarak 60 mm'lik şeridi sağa sola hareket ettirin. 100 mm'lik şeridin salınım hareketi yaptığını göreceksiniz. 80 mm'lik şerit ise burada irtibat görevi üstlenir.



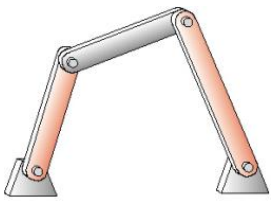
Şekil 1.19: Çubuk ölçüleri

Dört çubuklu mekanizmalarda bir uzvun sabitliği zorunludur. Elde edilecek harekete göre seçilen bir uzva hareket verilir. Bir mesnede sabitlenen ve hareket boyunca diğerlerine referans olan uzva **çerçeve** denir. Çerçevenin her bir yanındaki uzuvlara **krank** ya da **yan uzuv**, karşısındakine de **irtibat uzvu** ya da **biyel** denir. Şekil 1.20'de sabit uzuv hareketsiz kalmak kaydıyla C mafsalına hareket verilmiştir.



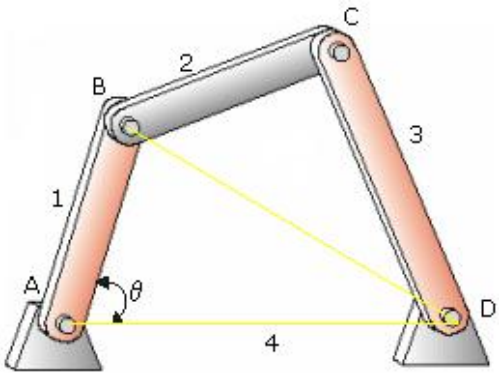
Şekil 1.20: Dört çubuk mekanizmasının hareketi

Uygulamada çerçeve uzuv yerine, krankların yataklanmış haline de rastlanır. Genelde hareket eden üç tane uzuv gözükse de iki yatak arası da bir uzuv sayılır.



Şekil 1.21: Yataklanmış dört çubuk

Dört çubuklu mekanizmanın serbestlik derecesi birdir. Şimdi bunun nasıl olduğunu yukarıdaki şekilden yararlanarak görelim. Uzuvlar arası mesafeyi bulmak için mafsallardan birbirine çizgiler çizelim. Eğer θ açısını bilirsek her bir uzvun mafsal noktalarının yerini bilebiliriz.



Şekil 1.22: Serbestlik derecesinin tayini

Serbestlik derecesini tayin için

$F = \lambda\left(l - j - 1\right) + \sum_{i=1}^{j} f_i$ formülü kullanılır. Burada,

F: Mekanizmanın serbestlik derecesi
λ : Mekanizma türüne bağlı serbestlik derecesi
λ=3 Düzlemsel mekanizmalar için
λ=7 Uzaysal mekanizmalar için
l : Sabit uzuv dahi mekanizmadaki uzuv sayısı
j : Mekanizmadaki toplam mafsal sayısı
f_i : İ. mafsalın serbestlik derecesi

Dört çubuklu mekanizmanın verilerini bu formüle uygulayalım.

$l = 4$ (4 uzuv)
j = 4 (4 mafsal)
$f_i = 1$ (döner mafsal olduğundan)

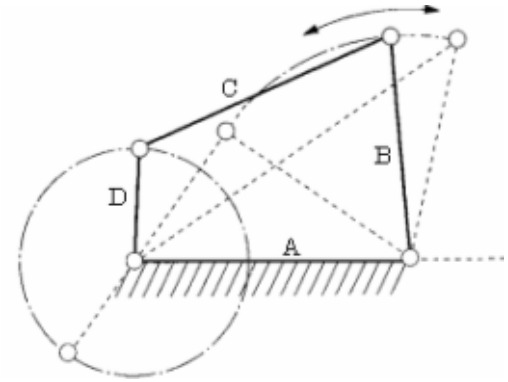
$\sum_{i=1}^{j} f_i = \sum_{i=1}^{4} f_i = 4$ (4 mafsal da döner olduğundan)

λ= 3 (düzlemsel mekanizma)
F = 3 (4 – 4 – 1) + 4
F = 1

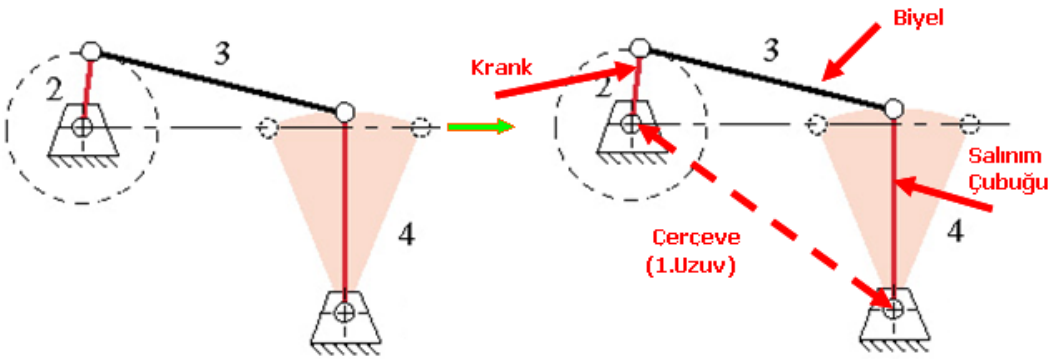
Düzlemsel mekanizmalar için yukarıdaki formülün pratik şekli olan F=3L-2J-3 formülü de kullanılabilir. L=4 ve J=4, formülde yerine konulursa; F=12-8-3=1 bulunur. Dört çubuk mekanizması, uzuvların hareket kabiliyetine göre üç bölüme ayrılır.

- Fonksiyon üretimi: Çerçeveye bağlı krank uzuvları arasındaki göreceli hareketi arasındaki ilişki. Demir yollarında bir kolla ray yönlerinin değiştirilmesi gibi.
- Yörünge üretimi: Hareketli uzuvlar üzerindeki noktalar, sabit uzva göre çeşitli eğriler çizecektir. Uygun uzuv boyutları seçimi ile bu eğri belirli aralıklarda bir doğruya, daireye ya da başka bir eğriye dönüşebilir.

A mafsalı sabitlendiğinde D uzvu döndürülürse B uzvu Şekil 1.23'de gösterilen salınım hareketini yapar.

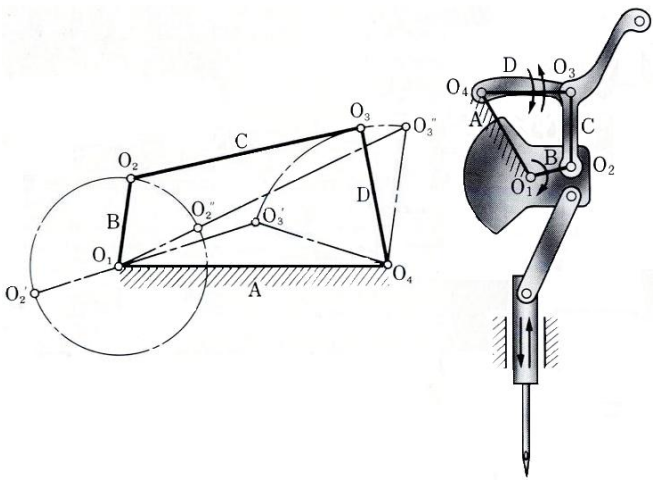


Şekil 1.23: Salınım hareketi yapan mekanizma



Şekil 1.24: Çerçevesiz salınım hareketi

Şekil 1.25'te, dikiş makinesinin iğneye salınım hareketi veren mekanizması görülmektedir. C biyel uzvu, salınım (sarkaç) hareketi yapmaktadır.



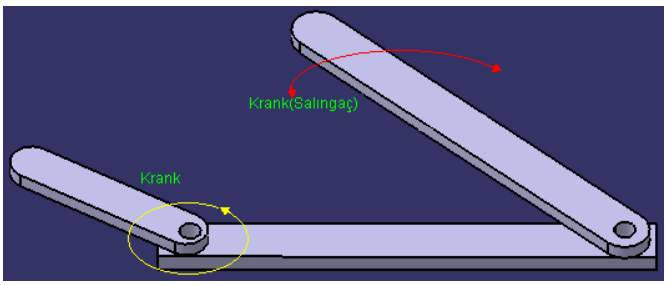
Şekil 1.25: Dikiş makinesi mekanizması

➢ Çubukların uygun konuma getirilmesi ile hareket dönüşümleri sağlanır. Bunlar:

- Sabit ya da değişken açısal hızlarda dönme hareketini dönme hareketine
- Sabit ya da değişken açısal hızlarda dönme hareketini salınım hareketine (sarkaç) ya da git-gel hareketine
- Sabit ya da değişken açısal hızlarda salınım hareketini salınım hareketine ya da git-gel hareketini yine git-gel hareketine

"Dört Çubuk Mekanizması Grashof Teoremi" uyarınca hareket eder.

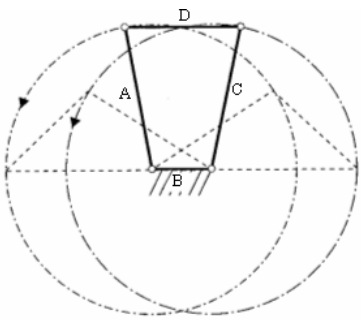
➢ **Grashof Teoremi:** Bir mekanizmada çubuk boyutlarının birbirine oranı hareket özelliklerini belirlemektedir. Krank diye tabir edilen uzuv, sabit uzva göre tam bir dönme ya da bunun yerine salınım (salıngaç) hareketi yapabilir.



Şekil 1.26: Krankın hareketleri

Sabit uzva bağlı uzuvların yaptığı harekete göre dört çubuk mekanizmasının üç değişik hareket tipi ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

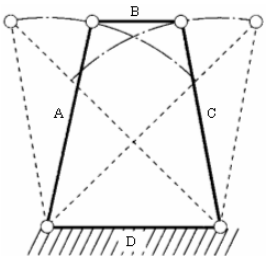
a) Sabit uzva bağlı iki uzuv da tam dönme yapabilir. Böyle mekanizmalara "çift kranklı" mekanizma denir.



Şekil 1.27: Çift krank mekanizması

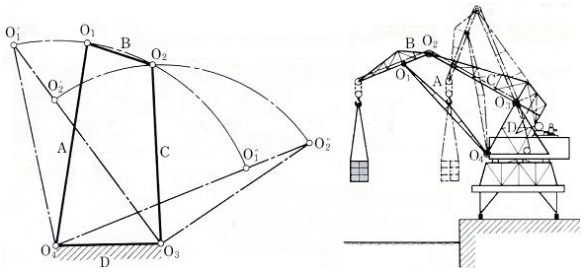
En kısa uzuv olan B uzvu, Şekil 1.26'da görüldüğü gibi sabitlenmiştir. A ve C uzuvları kranktır. A ve C krankları sabit bir hızla dönse bile D uzvu sabit hızda dönmeyecektir.

b) Sabit uzva bağlı iki uzuv da sadece salınım yapar. Bu tip mekanizmalara "çift manivelalı" denir.



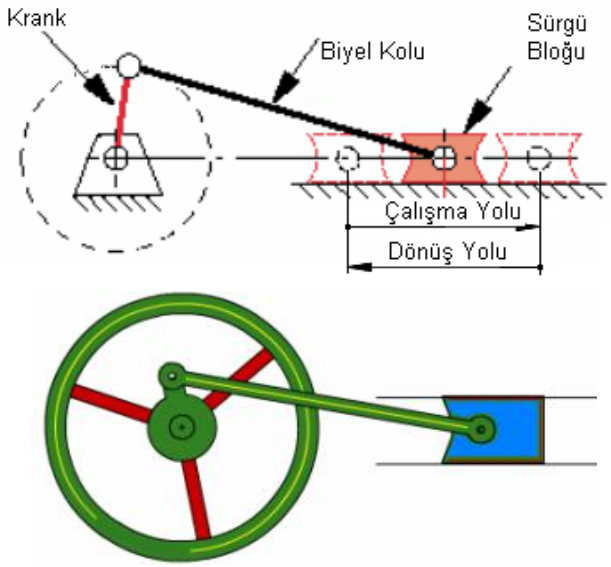
Şekil 1.28: Çift manivela sistemi

En kısa uzuv olan B uzvunun karşısındaki D uzvu sabitlenmiştir. A ve C uzuvları manivela (sarkaç ya da salıngaç) görevi yapar.



Şekil 1.29: Çift manivelanın gemi kreynlerinde kullanımı

c) Sabit uzva bağlı kısa uzuv dönerken diğer uzuv salınır. Buna "krank- biyel" mekanizması denir. Dört çubuklu mekanizmanın özel bir halidir.



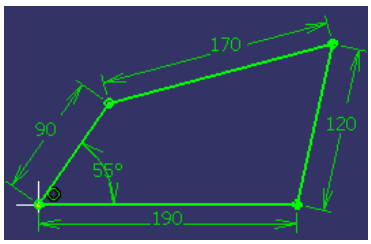
Şekil 1.30: Krank biyel mekanizması

Bu mekanizma dairesel hareketi git-gel hareketine dönüştürmek için kullanılır. İleri geri hareket eden C uzvuna biyel, B uzvuna ise krank denir. Dördüncü uzuv, hayali olarak sonsuz uzunlukludur. Çünkü bir düz bir çizgi üzerinde, yani doğrusaldır. Bunun yerine piston konulmuştur. Piston hızının nasıl değiştiğine dikkat edelim. (Şekil 1.29) Piston bir uçtan başlar ve hızını artırır. Hız sınırının en üst değerine yolunun ortasında bir yerde ulaşır ve zamanla hızı azalmaya başlar. Kursunun sonunda hızı sıfırlanır. Dört çubuk mekanizmasının hareket açısından farklı bu üç tipi, uzuv uzunluklarına bağlıdır. Mekanizmadaki çubukları şu şekilde adlandıralım.

s: En kısa boyutlu uzvun uzunluğu
l: En uzun uzvun uzunluğu
p,q: Diğer uzuv boyutları

Grashof Teoremi uzuv boyutlarına bağlı olarak dört çubuk mekanizmasını şu şekilde sınıflar:

a) $s + l > p + q$ şartı sağlanıyorsa yani en uzun uzuv ile en kısa uzvun toplamı diğer iki uzvun toplamından daha kısa ise mekanizma tipini sabit olan uzvun türü belirlemektedir. Şekil 1.31'de örnek bir mekanizma verilmiştir.



Şekil 1.31: Örnek mekanizma ölçüleri

Burada s=90, l=190, p=170 ve q=120 mm'dir.

$190 + 90 < 170 + 120$
$280 < 290$

Görüldüğü gibi şart sağlanıyor. Buna göre;

- En kısa uzuv kranklardan biri yani çerçeveye bağlı uzuvlardan biri ise mekanizma, bir krank biyel mekanizmasıdır.
- En kısa uzuv çerçeve ise mekanizma çift krank mekanizmasıdır.
- En kısa uzuv biyel ise mekanizma, çift manivela mekanizmasıdır.

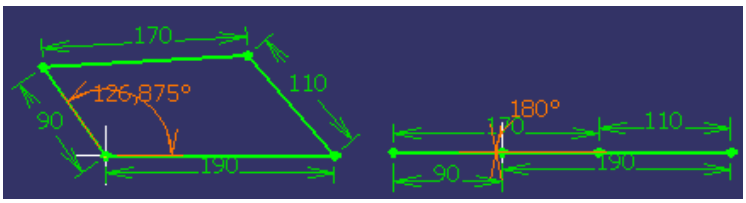
Bu durum Tablo 1.2'de görülmektedir.

En Kısa Uzuv	Tip
Çerçeve	Çift-Krank
Krank	Krank-Biyel
Biyel	Çift Manivela

Tablo 1.2: Sabit uzva göre mekanizma tipi

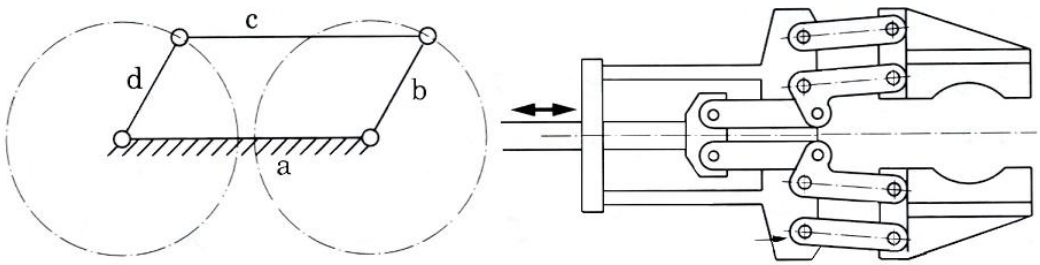
b) $s + l = p + q$ ise yani en uzun uzuv ile en kısa uzvun toplamı diğer iki uzvun toplamından daha uzun ise hangi uzuv sabit olursa olsun sadece salınım açıları değişen çift manivela mekanizması elde edilir.

c) $s + l = p + q$ ise 1. maddede açıklanmış olan üç durumdan birisi elde edilir. Ancak burada tüm uzuvların tek bir doğru üzerinde olacağı tehlikeli bir durum ortaya çıkacaktır. Örnek olarak Şekil 1.32'de görülen mekanizmada uzuv toplamları eşitlenmiş ($s + l = p + q$) ve 90 mm uzunluğundaki uzuv, saat yönünde tersinde döndürülmüştür. Dört uzuvda 180^0lik açıda çizgi haline gelmektedir.



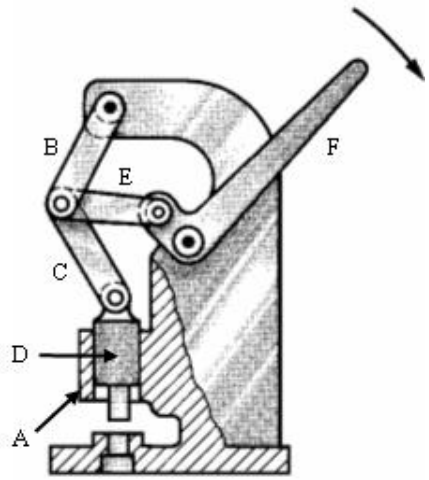
Şekil 1.32: Örnek mekanizma ölçüleri

3 numaralı durumun özel bir hali paralelogram mekanizmasıdır. Bu durumda çerçeveye bağlı krank uzuvları birbirine eşittir.



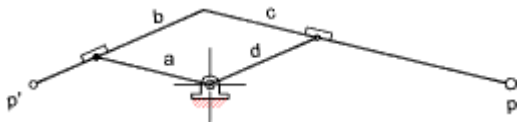
Şekil 1.33: Paralelogram

A uzvu sabitlenmişken B ve D uzuvları daima parallel hareket eder. C uzvu ise daima paralelliğini korur. Bu tertibat bir robot eline (Şekil 1.33) ya da pres makinesine (Şekil 1.34) uygulanabilir. F uzvuna bir baskı tatbik edilirse E uzvu çekilir. Akabinde B ve C uzuvları düz çizgi olur ve D'de büyük bir kuvvet oluşur. Metal takım çantalarında ve kepçelerde de kullanım alanları vardır.



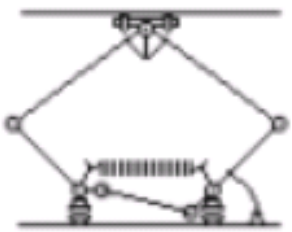
Şekil 1.34:Pres tertibatı

Paralelogramın bir uygulaması da pantograftır. Bir noktanın hareketini küçük ya da büyük ölçekli olarak takip etmek için kullanılır. P noktansın hareketi, P noktası tarafından takip edilir. Bunun için a, b, c ve d çubuklarının eşit uzunluklu olması gerekir.



Şekil 1.35: Pantoğraf mekanizması

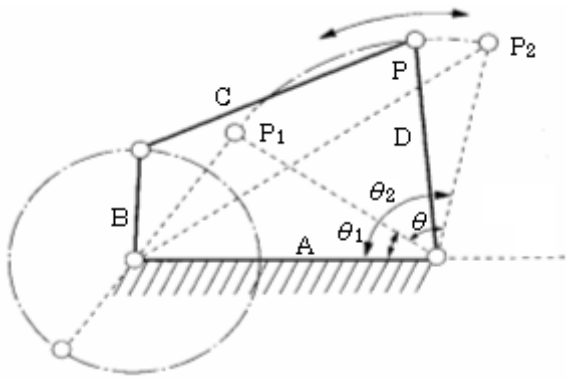
Pantograf, elektrikli trenlerde de karşımıza çıkmaktadır. "Maşa" olarak tabir edilir. Elektrik hatlarına bağlanabilmek için lokomotiflerin üzerinde açılır kapanır mekanizma bir pantograftır.



Şekil 1.36: Akım toplayıcı

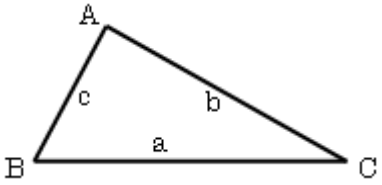
Örnek: A uzvu 60, B uzvu 20, C uzvu 50 ve D uzvunun uzunluğu 45 birim olduğuna göre D uzvunun salınım açısını (θ) hesaplayınız. A uzvu sabit ve B uzvu bir kranktır.

(P noktası P_1 ve P_2 noktaları arasında gidip gelmektedir).

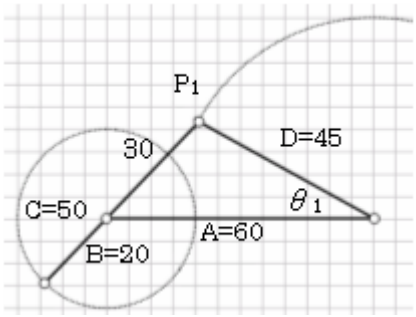


Çözüm: Bir üçgende tanımlanmış olan cosinus teoremini hatırlayalım.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \times \cos A$$
$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \times \cos B$$
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \times \cos C$$

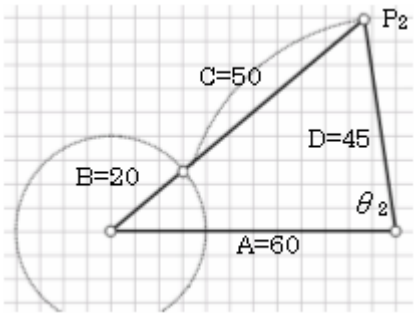


Salınım açısı θ, θ_2 ve θ_1 açıları arasında kalan açıdır. Önce θ_1 açısını bulalım. θ_1 açısına denk gelen üçgeni mekanizmanın hareket grafiğinden elde edelim.



$$30^2 = 60^2 + 45^2 - 2x60x45x\cos\theta_1$$
$$900 = 3600 + 2025 - 5400x\cos\theta_1$$
$$\cos\theta_1 = \frac{(3600 + 2025) - 900}{2x60x45}$$
$$\cos\theta_1 = 0.875$$
$$\theta_1 = 29^0$$

θ_2 açısına denk gelen üçgeni mekanizmanın hareket grafiğinden elde edelim.

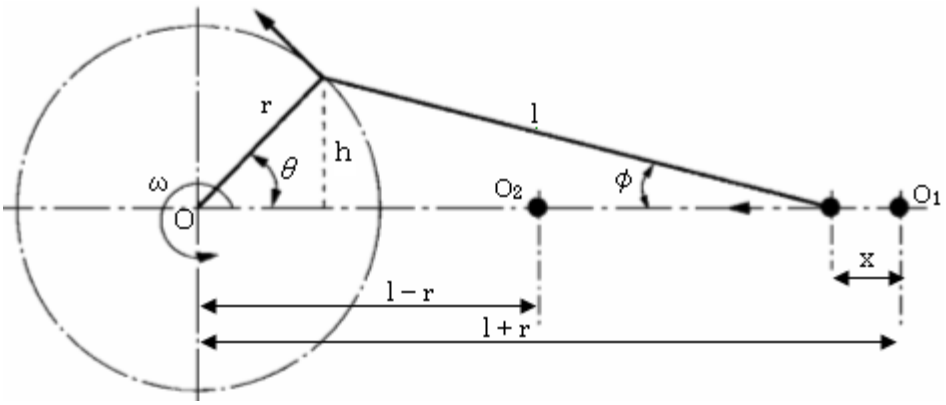


$$70^2 = 60^2 + 45^2 - 2x60x45x\cos\theta_2$$
$$4900 = 3600 + 2025 - 5400x\cos\theta_2$$
$$\cos\theta_2 = \frac{(3600+2025)-4900}{2x60x45}$$
$$\cos\theta_2 = 0.134$$
$$\theta_2 = 82.3^0$$

Salınım açısı:

$$\theta = \theta_2 - \theta_1$$
$$\theta = 82.3^0 - 29^0$$
$\theta = 53.3^0$ bulunur.

ÖRNEK: Biyelin (x) yer değiştirmesini, r uzunluğu 200 [mm], l uzunluğu 1200 [mm] ve (θ) açısı 60° için hesap ediniz.



$x = x_4 - x_3$ $\qquad x_4 = r + l$ $\qquad x_3 = x_1 + x_2$

$$x_1 = \mathrm{r}.\cos\theta \rightarrow \cos\theta = \frac{x_1}{\mathrm{r}} \qquad \sin\theta = \frac{h}{\mathrm{r}} \rightarrow h = \mathrm{r}.\sin\theta$$

$$\sin\alpha = \frac{h}{l} = \frac{\mathrm{r}.\sin\theta}{l} \qquad x_2 = l.\cos\alpha$$

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$
$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha}$ olduğunu hatırlayarak

$$x_2 = l.\sqrt{1-\sin^2\alpha} \qquad x_2 = l.\sqrt{1-\left(\frac{\mathrm{r}.\sin\theta}{l}\right)^2}$$

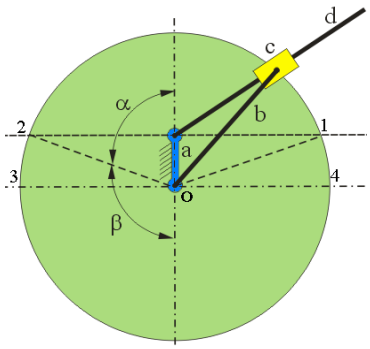
$$x_3 = \left(\mathrm{r}.\cos\theta\right) + \left(l.\sqrt{1-\left(\frac{\mathrm{r}.\sin\theta}{l}\right)^2}\right)$$

$$x = x_4 - x_3 = \left(\mathrm{r}+l\right) - \left\{\left(\mathrm{r}.\cos\theta\right) + \left(l.\sqrt{1-\left(\frac{\mathrm{r}.\sin\theta}{l}\right)^2}\right)\right\}$$

$$x = \left(200+1200\right) - \left\{\left(200.\cos 60^0\right) + \left(1200.\sqrt{1-\left(\frac{200.\sin 60^0}{1200}\right)^2}\right)\right\}$$

$$x = 112.6mm$$

- **Hızlı Dönüş Mekanizması:** Şekil 1.37'de D uzvu düzgün açısal hızla dönmektedir. 1 ve 2 numaralı konumlar B ve D uzuvlarının gidebileceği yerleri, 3 ve 4 numaralı konumlar ise her iki uzvun aynı hizada oldukları konumları göstermektedir. İleri yönde katedilen mesafe ile geri dönüş açısı dolayısıyla mesafesi birbirinden farklı olduğundan dairesel hareketi git gel hareketine çevirir. Fakat krank kayıcı mekanizmasından farklı olarak gidiş hızı dönüş hızından farklıdır.



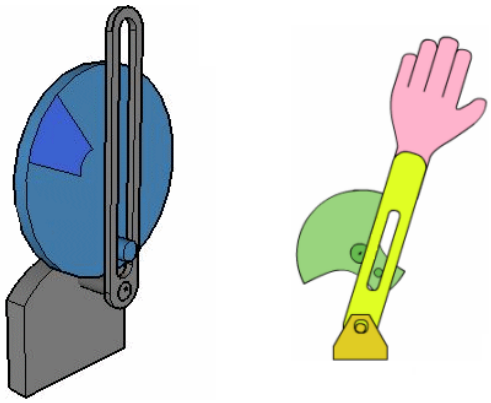
Şekil 1.37: Hızlı dönüş mekanizması

Sürücü kolun altındaki kanca kolu soldan sağa götürmek için birkaç derece sürmek zorunda; dönmenin geri kalan kısmı kolu getirmek için kullanılır. Bu oran:

$\frac{\beta}{\alpha} = \frac{180 - \alpha}{\alpha}$ şeklindedir. Burada $\frac{a}{b} = \cos\alpha$ 'dır.

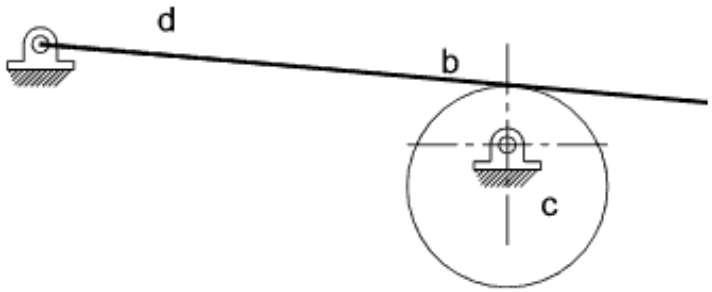
Kesme ve dönüş oranları genelde 2:1 ve 3:1 oranındadır.

Şekil 1.38'de Whitworth hızlı geri dönüş mekanizması görülmektedir. Yarığın altındaki menteşe, kolun soldan sağa dönmesi için çok az bir açıda döner. Geri kalan açıyı da kolu geri döndürmek için kullanır. Bu mekanizmanın daha gelişmiş şekli ilerde görülecek olan ve vargel tezgâhlarında kullanılan kulis tertibatıdır.



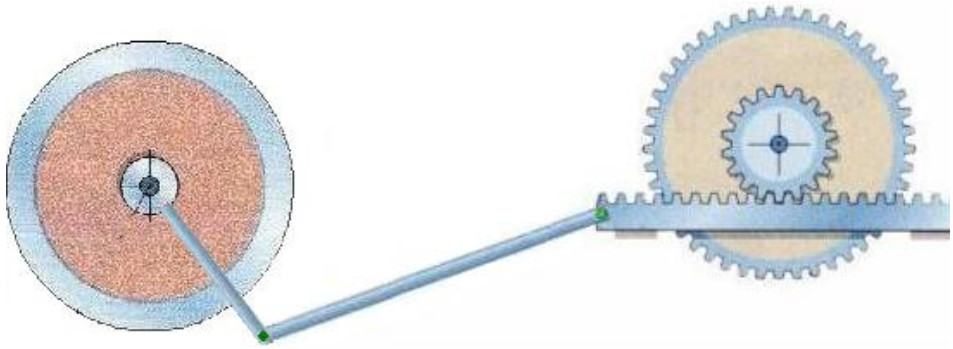
Şekil 1.38: Whitworth geri dönüş mekanizması

- **Kam ve İzleyici Mekanizması:** Şekil 1.39'da basitleştirilmiş bir izleyici mekanizması görülmektedir. C kamının dönüşü D çubuğunun sarkaç hareketi yapmasına sebep olacaktır. Burada D çubuğunu kamın yüzeyi ile daima temasta tutacak herhangi bir şey gösterilmemiştir.



Şekil 1.39: İzleyici mekanizması

- **Düz Dişli-Kremayer Dişli:** Kranka bağlı olan biyel kolunun dönmesiyle kremayer dişli ileri-geri hareket edecek, bunun neticesinde büyük dişli de salınım hareketi yapacaktır.

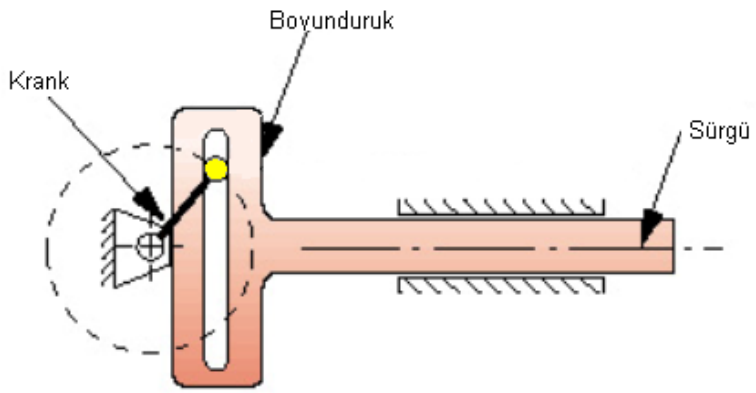


Şekil 1.40: Kremayer-düz dişli mekanizması

1.5.2 İleri-Geri Çalışan Mekanizmaları

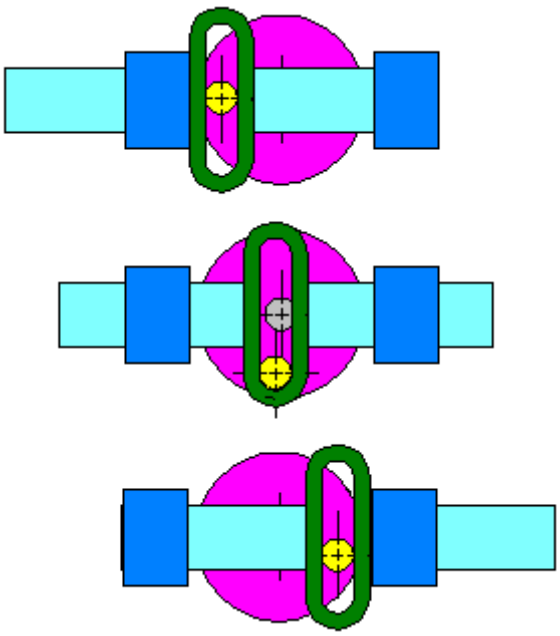
Sürekli yön değiştiren doğrusal hareket, endüstri dallarında hidrolik ve pnömatik silindirlerle kullanılıyor olsa da rijit cisimlerle sağlanan hareketler öneminden bir şey kaybetmemiştir. Dört çubuklu mekanizmaların değişik biçimleridir.

- **İskoç Boyunduruğu (İskoç mekanizması):** Kapalı bir alanda dairesel hareket eden bir kolun hareketini değişken doğrusal harekete yani harmonik harekete çevirir. Tersi de mümkündür. Bir piston ya da bir mil doğrudan bir çerçevenin içindeki yarık içinde hareket eden kayan parçaya bağlıdır. Kayıcı parça ise dönen diske bir pimle bağlıdır. Kayıcı parça sürgü olarak adlandırılır.



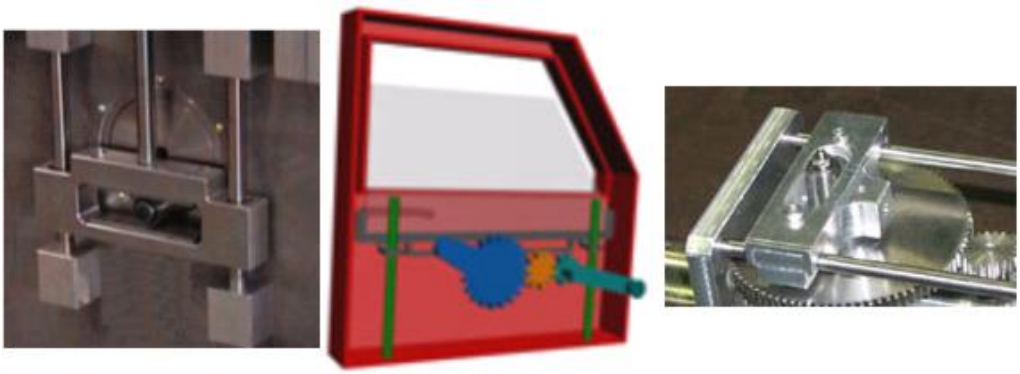
Şekil 1.41: İskoç boyunduruğu

Disk döndükçe sürgü çerçeve içinde serbestçe aşağı-yukarı kayabilmekte, çerçeveye bağlı mili ya da milleri sağa-sola hareket ettirerek harmonik hareket yaptırmaktadır. Hareket sağ ya da sola yaklaştığında orta noktaya göre biraz yavaşlamaktadır.



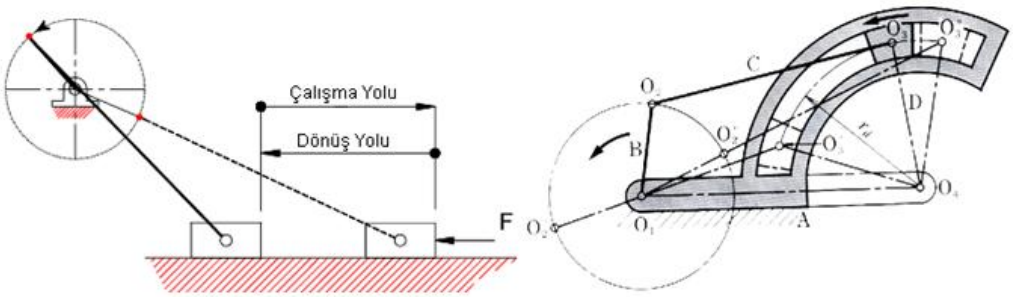
Şekil 1.42: İskoç boyunduruğunun çalışması

İskoç mekanizması krank mekanizması ile aynı işi yapmasına rağmen çıkış hareketi tam bir sinüs eğrisidir (Şekil1.42). Daha küçük bir disk ölçüsüne sahip olmasına rağmen daha yüksek döndürme momenti (tork) oluşturmaktadır. Sürgü yönünün değişimi esnasında artan kuvvetler neticesinde pim de ve çerçeve içindeki yarıkta aşınma hızlıdır. Şekil1.43'te bu mekanizmanın kullanım yerlerine örnekler verilmektedir.



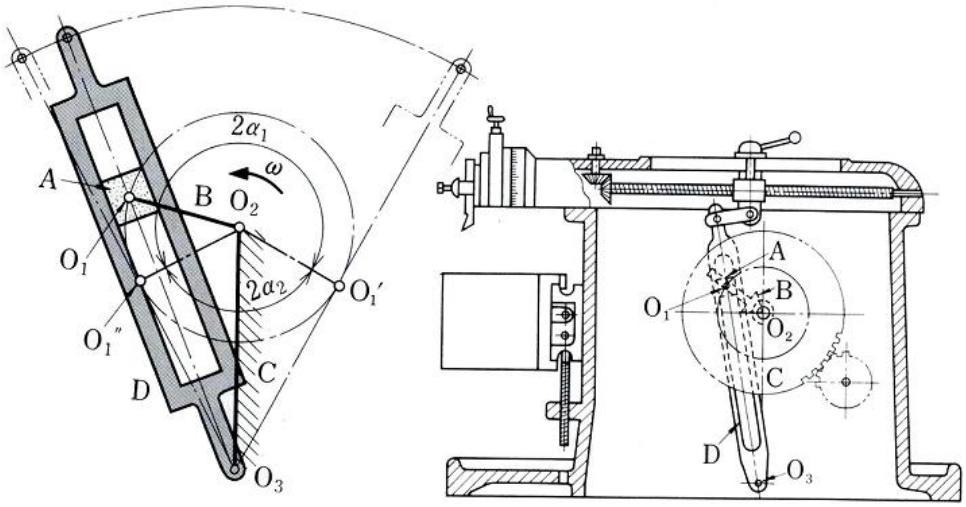
Şekil 1.43: İskoç boyunduruğunun kullanım yerleri

Eksenleri kaçık krank sürgü mekanizması: Bazen krank ekseni ile sürgü ekseninin farklı olması istenir. Burada geri dönüş hızı, ilerleme hızından çok daha fazladır. Şekil 1.44'te iki farklı mekanizma örneği verilmiştir.



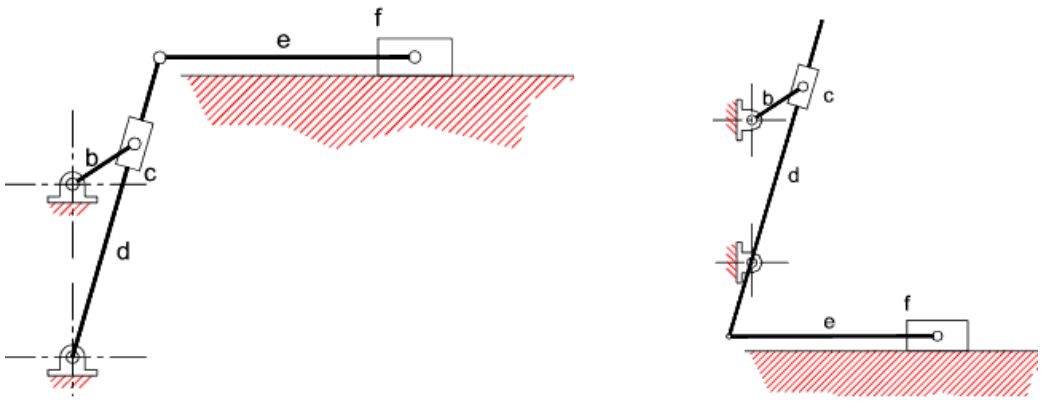
Şekil 1.44: Krank-sürgü mekanizması

- **Kulis Tertibatı:** Vargel tezgâhı özellikle çok miktarda talaşın kaldırılacağı düzlemsel yüzeylerde kullanılır. Sabit bağlanan kesici üzerinden ileri-geri giden kesici talaş kaldırır. Kesiciye bu hareketi veren, hızlı geri mekanizması ve eksenleri kaçık krank-sürgü mekanizmasının geliştirilmiş hali olan kulis tertibatıdır.O_2 merkezli disk döndükçe, tezgâhın üst kısmı(koç) ileri ve geri hareket eder. İleri yöndeki hareket geri yöndeki hareketten daha yavaştır.



Şekil 1.45: Kulis tertibatı

Kulis tertibatının mekanizmalarda geçen şematik resmi şekilde görülmektedir. Şekil 1.46'te ise aynı işi yapan başka bir tasarım, Whitworth hızlı dönüş mekanizmasını göstermektedir.

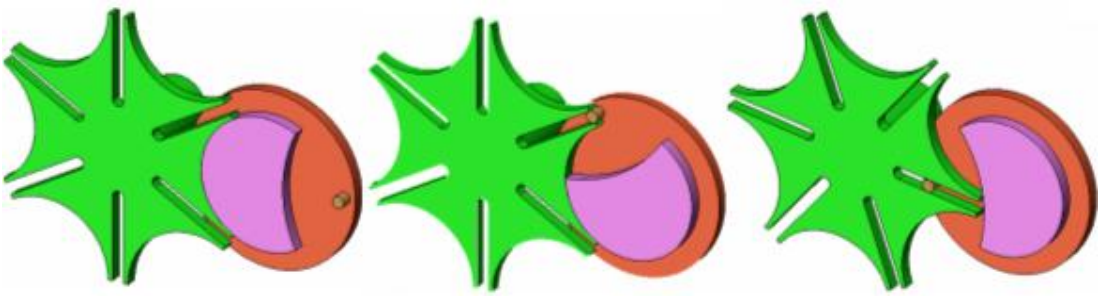


Şekil 1.46: Whitworth hızlı dönüş mekanizması

1.5.3. İndeksleme Kam Mekanizmaları

İndeksleme mekanizmasında, dönme ya da salınım hareketleri aralıklarla meydana gelen adımlama hareketine dönüşmektedir. İndeksleme kelime anlamıyla, bir tam dönmeyi, eşit parçalara bölmedir. Sayaçlarda, takım tezgâhlarının indeksleme bölümlerinde ve film ilerletme mekanizmalarında kullanılmaktadır.

- **Cenova (Geneva) Mekanizması:** Disk dönerken disk üzerinde bulunan pim, haç şeklindeki parça üzerindeki yarığa girer ve dörtte bir döndürür. Pim yarıktan kurtulur ve tekrar diğer yarığa girerek bir çeyrek daha döndürür.

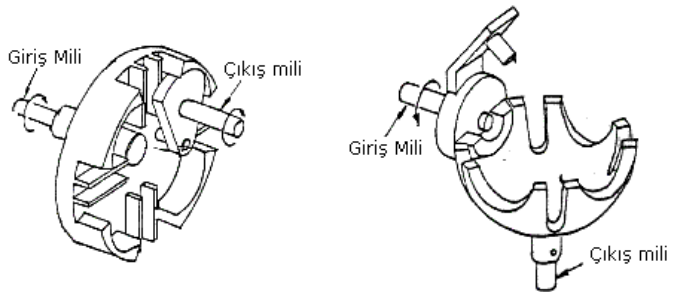


Şekil 1.47: Cenova mekanizması

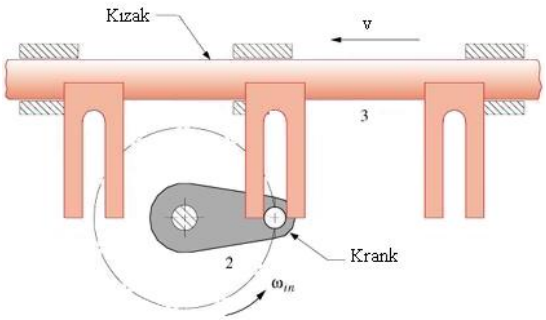
Disk üzerindeki yarım ay şeklindeki çıkıntı, pim yarıktan çıktıktan sonra haç biçimindeki parçayı yerinde tutar. Pimin yarığa düzgün girebilmesi için kanalların hassas şekillendirilmesi gerekir. Kanal uçlarına belirli bir açıklık verilerek de pimin yarıklara doğrudan çarpması önlenir. Cenova mekanizmasında yarık sayısı n ile gösterilirse, dönme açısı,

$\theta = \frac{360}{n}$ ile ifade edilir.

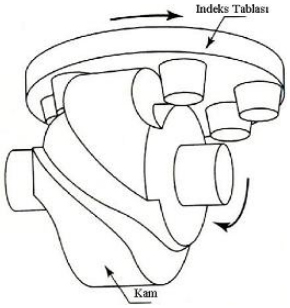
Örneğin 6 yarık için dönme açısı 60^0dir. Yani sürücü diskin her bir devri yarıklı diskte altıya bölünmektedir. Sürücünün indeksleme anında dönme açısı ise 2θ'dir. Sürücü kendi dönüşünün sadece bir bölümü ile tablanın dönmesini sağlar. 6 yarıklı için bu 120^0dir. Kalan 240^0 tabla için durma dönemidir. Bu arada bu tablaya bağlı olan iş bitirilmelidir. Şekil 1.48'de dâhili ve küresel Cenova mekanizmaları görülmektedir. Mil eksenleri kesişirse küresel mekanizma kullanılır. Şekil 1.49'da doğrusal Cenova mekanizmasını, Şekil 1.50'de ise kam ile yapılan kesikli hareket üretmeyi göstermektedir.



Şekil 1.48: İçten ve küresel Cenova mekanizması



Şekil 1.49: Doğrusal Cenova mekanizma



Şekil 1.50: Kamlı indeksleme

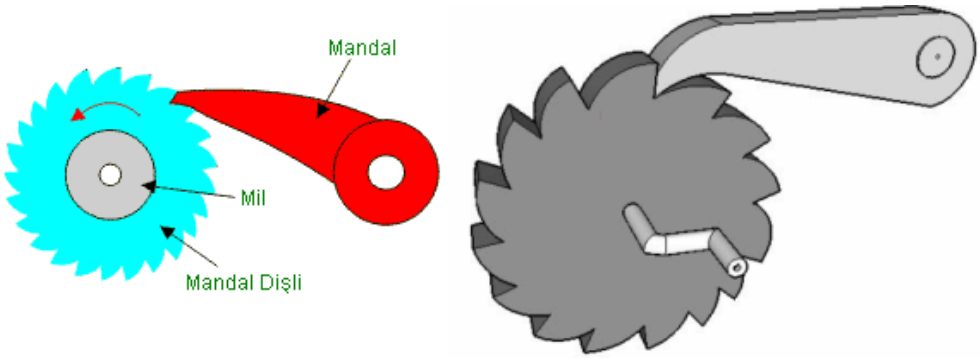
Cenova mekanizmasında yarık sayısı genelde 4-12 arasındadır. Cenova mekanizmasının bir adı da Malta Haçı'dır.

- **Dişli Çarklar:** Dişli çarklar da kesikli hareket üretiminde kullanılabilir.

Şekil 1.51: Dişli çarklar

- **Mandal dişliler:** Mandal dişli mekanizması çevresine belli bir şekilde diş açılan bir çarktan ve bu çark dönerken çark dişlerini takip eden bir mandaldan meydana gelir. Şekilde de görüleceği gibi çark döndükçe mandalın ucu dişlerin

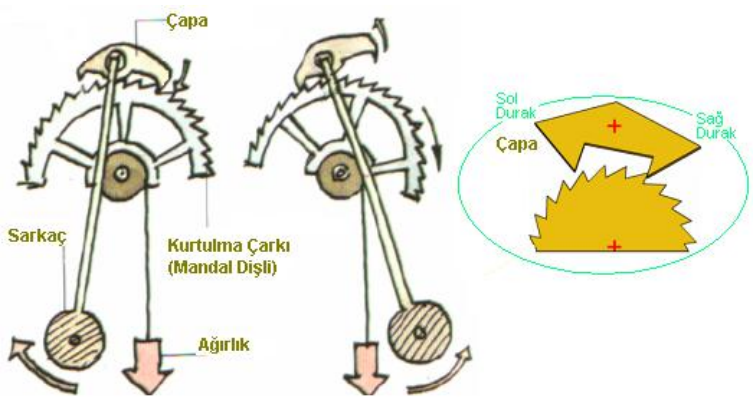
arasında girmekte ve dişliyi kilitlemektedir. Mandal dişliler sadece bir yönde dönebilirler. Şekilde dönme yönü saat yönünün tersidir.



Şekil 1.52: Mandal dişliler

Bize en yakın mandal dişlisi bisikletlerin arka tekerleğinin göbeğinde bulunan dişlidir. Pedalı geri çevirdiğimizde, mandal dişlerin yüzeyinde kaymaktadır. Kuyudan kovayla su alınma zamanı içinde, bekleme zaman aralıklarında, çıkrık kolunu bıraktığımızda kovanın kuyunun ağzında beklemesi gerekir. Bunun için de çıkrığın kilitlenmesi gerekir. Burada en basit çözüm, mandal dişlidir.

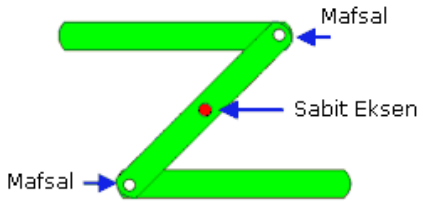
Mandal dişliler, sarkaçlı saatlerde de kullanılmaktadır. Sarkaç, yarım periyodunda (yarım saniye) soldan sağa, diğer yarım periyodunda da sağdan sola gider. Sarkaç sola doğru ilerlediğinde, sarkacın ucuna bağlı olan çapanın sol ucu Şekil 1.53'te görüldüğü gibi havaya kalkar. Bu arada bir mandal dişli olan kurtulma dişlisinin dişini serbest bırakır. Kurtulma dişlisine bağlı olan ağırlık (bir yay kuvveti ile de olabilir) dişliyi sağa doğru yarım diş yani yarım periyotluk açı kadar döndürür. Bu arada çapanın sağ ucu, kurtulma dişlisine temas ederek frenler. Sarkaç sağ tarafa salındığında ise bu sefer diğer diş temas ederek yarım periyoda ayarlar ve bu şekilde devr-i daim eder.



Şekil 1.53: Sarkaç mekanizması

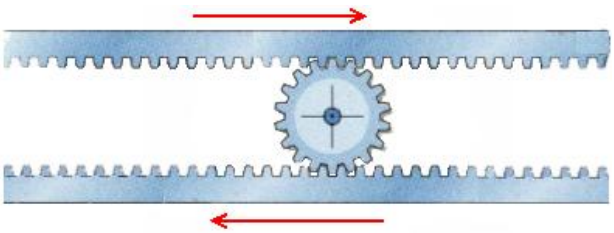
1.5.4. Tersine Hareket Üreten Mekanizmalar

Bir yönde uygulanan hareketin tersi yönde hareket elde etmek için kullanılır. Günümüzde daha çok hidrolik ve pnömatik silindirlerle elde edilmesine rağmen rijit cisimlerin hala revaçta olduğu yerler de vardır. Şekil 1.54'te görülen üç çubuk mekanizmasında ortadaki çubuk ekseni etrafında serbest dönebilmektedir. Diğer çubuklardan birine uygulanan kuvvet, diğerini zıt yönde hareket ettirecektir.



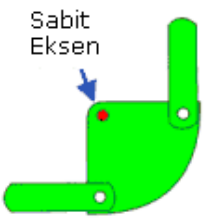
Şekil 1.54:Ters hareket üreteci

Aşağıdaki şekilde düz dişlinin etrafında iki kremayer dişli vardır. Düz dişli sağa sola döndürüldüğünde kremayerlerden biri bir yönde diğeri zıt yönde doğrusal hareket yapar.



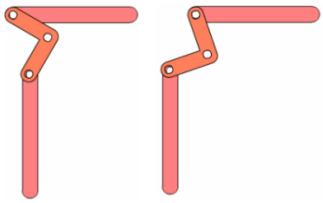
Şekil 1.55:Çift kremayerli dişli çark

Ayrıca **bell krankı** adıyla bilinen bir mekanizma daha vardır. Yatay hareketi dikey harekete çevirmek için kullanılır. Bunun tersi de mümkündür.



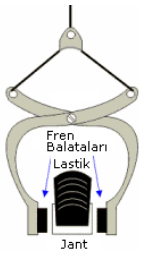
Şekil 1.56: Bell krankı

Bu mekanizmada; eğer dönme ekseni giriş ve çıkış çubuklarına eşit uzaklıktaysa çıkış uzunluğu giriş uzunluğuna eşit olacaktır. Aksi takdirde hareket eşit olmayacaktır.



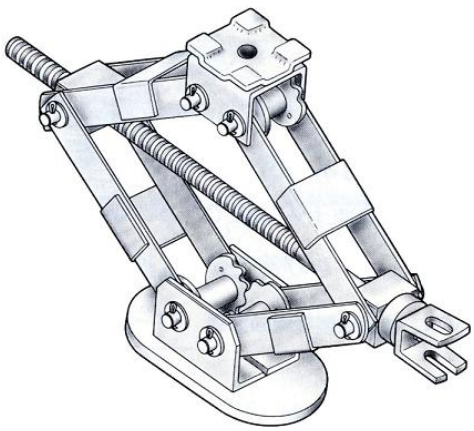
Şekil 1.57: Bell krankı

Bu mekanizmanın en belirgin kullanım yerlerinden biri, bisikletlerin fren mekanizmasıdır. Bisikletin fren çubuğuna basıldığında fren teli yukarıya çekilir ve fren balatalarını lastik jantına doğru hareket ettirir.



Şekil 1.58: Bisiklet freni

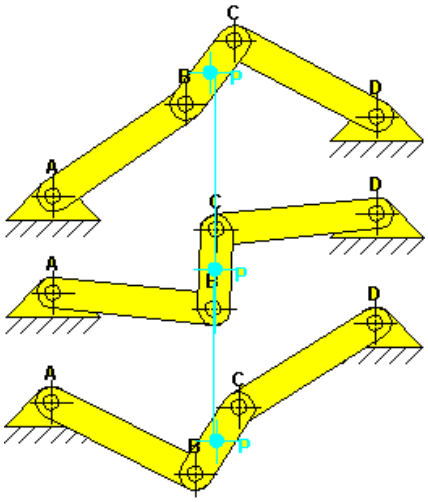
Arabaları kaldırmak için kullanılan mekanik krikolar da bu mekanizmanın bir uygulamasıdır.



Şekil 1.59: Mekanik kriko

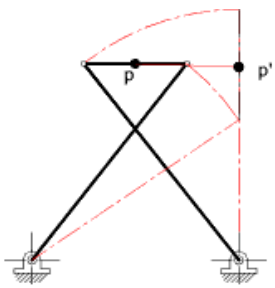
1.5.5. Düz-Çizgi Üreteci Mekanizmalar

Günümüzde doğrusal hareket üretmek kolay olsa da geçmişte bu hiç te kolay olmamıştır. Şekil 1.60'ta görülen düz çizgi üretmek için tasarlanan mekanizma Whitworth tarafından geliştirilmiştir ve James Watt tarafından 1782 yılında buharlı makinelerinde kullanılmıştır.



Şekil 1.60: Whitworth düz çizgi üreteci

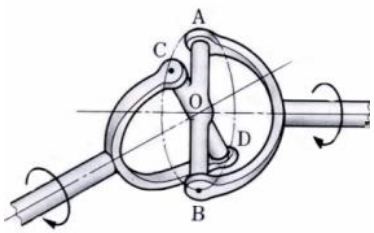
Bundan başka değişik bilim adamlarının tasarladığı düz çizgi üreteçleri de vardır.



Şekil 1.61: Chebychev düz çizgi üreteci

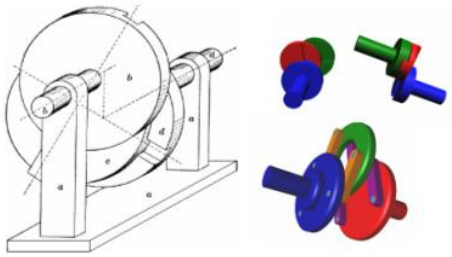
1.5.6. Kaplinler

Eksenleri paralel, eş, kesişen ve açılı olan millerde hareket iletimi, mekaniksel kaplinlerle yapılır. Kaplinlerin birçok çeşidi vardır. En basit kullanımı iki eş merkezli mil arasında hareket ve güç iletimidir. Miller kesişmesine rağmen aralarında bir açı var ise Hooke ya da kardan mafsalı ya da kaplini kullanılır. Kardan kavrama olarak adlandırılan eleman yapı itibarıyla bir kaplindir. Sanayide ve otomotivde kullanılmaktadır. İki boyun arasına çatal pimlenmiştir.



Şekil 1.62: Hooke mafsalı

Eksenler arasında kaçıklığın olduğu yerlerde kullanılan bir diğer kaplinde Oldham kaplinidir.

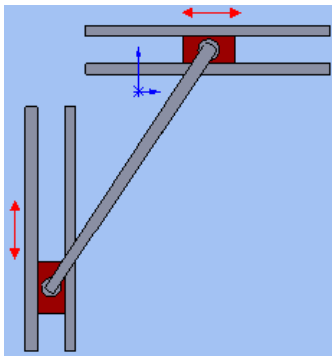


Şekil 1.63: Oldham kaplini

Kaplinlerden başka dişliler, kayış-kasnak sistemleri ve zincir dişliler, miller arasında hareket iletimini tesis eder.

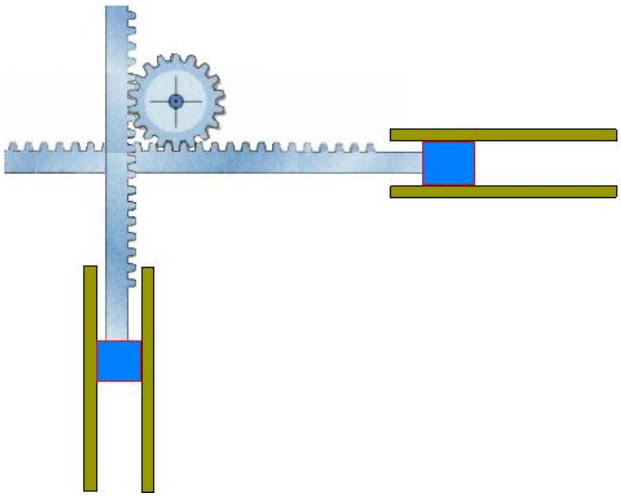
1.5.7. Kayıcı Mekanizmalar

Bir yuva içinde kayan sürgünün hareketi, aynı düzlemde bulunan fakat farklı yönlerdeki başka bir sürgüyü kaydırır.



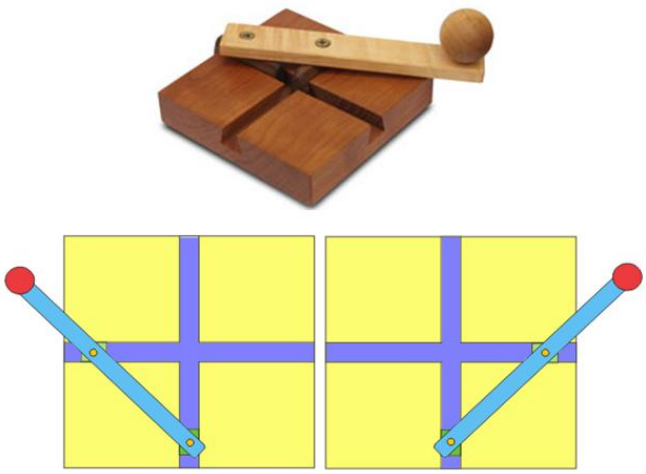
Şekil 1.64: Kayan sürgüler

Başka bir yolu da uzun bir düz dişlinin sürdüğü iki kremayer dişli mekanizmasıdır.



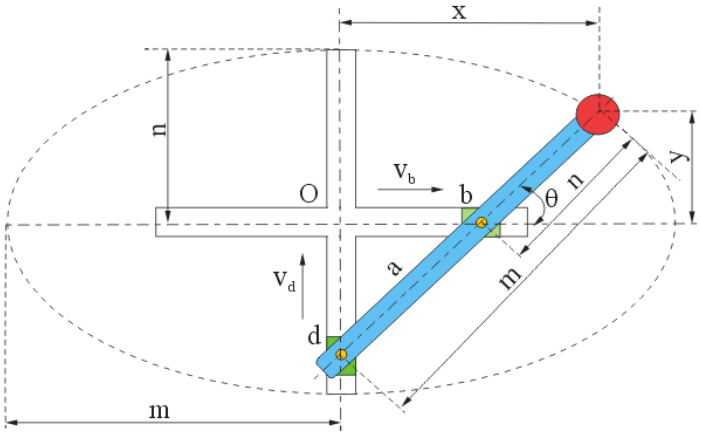
Şekil 1.65: Kremayerli kayan sürgüler

Bu mekanizmanın ilgi çekici bir uygulaması da elips çizmede kullanılmasıdır. Şekil 1.66'da görüldüğü gibi artı şeklinde iki yarığa iki sürgünün prizmatik mafsal oluşturacak şekilde yerleştirilmesiyle elde edilir. Sürgüleri birleştiren kol çevrildikçe yuva içinde birbirine göre 90^0 açıda kayan sürgüler kolun elips şeklinde dönmesini sağlayacaktır.



Şekil 1.66: Elips çizme sürgüleri

Şimdi bu mekanizmanın yolunu inceleyelim.



Şekil 1.67: Elipsin oluşumu

Tutma koluna ait yolunun bir elips olduğu kolayca görülebilir.

$$\sin\theta = \frac{y}{n}$$

$$\cos = \frac{x}{m}$$

$$\cos^2\theta + \sin^2\theta = 1$$

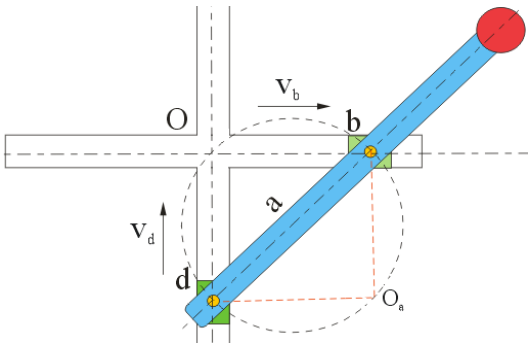
$$\frac{x^2}{m^2} + \frac{y^2}{n^2} = 1$$

Bu denklem merkezi 0 olan, uzun ve kısa eksenleri M ve N olan bir elipsi tanımlamaktadır. Kızaklara ait çizgisel hızlar "v_d" ve "v_b" olmak üzere, A kolunun mekanizmayı tutan tablaya göre açısal hızı:

$$\omega_{ac} = \frac{v_d}{O_b} = \frac{v_b}{O_d}$$

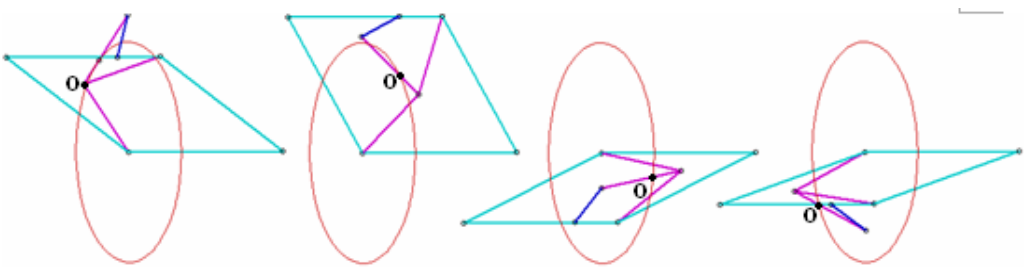
ve hızlar arasındaki orantı:

$$\frac{v_d}{v_b} = \frac{O_b}{O_d}$$



Şekil 1.68: Hız oranları

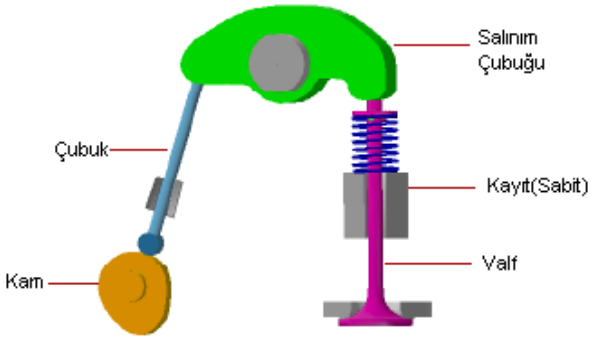
Çubuk kullanarak elips çizmeyi deneseydik bir hayli zorlanacağımız muhakkaktı.



Şekil 1.69: Çubuklarla elips çizimi

1.5.8. Durma ve Bekleme Mekanizmaları

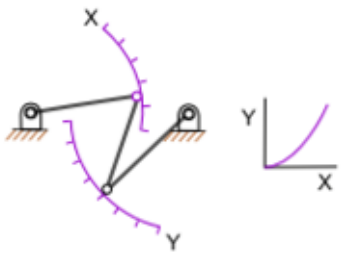
Çalışma anında bazen durup bir süre bekledikten sonra harekete devam etmesi istenen yerler vardır. Örneğin içten yanmalı motorlarda valf sistemi gibi. Valf açılacak, bir süre açık kalacak, kapanacak ve bu durum bir süre devam edecek. Böyle bir sistem için en uygun çözüm valf sistemini bir kamın kumanda etmesidir.



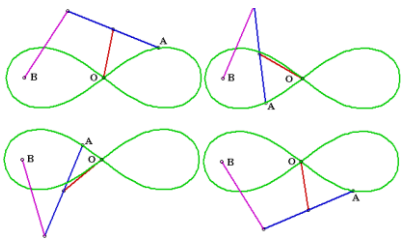
Şekil 1.70: Motorların sübap sistemi

1.5.9. Eğri Üreteçleri

Dört çubuklu mekanizma, çubuk boyutlarını ve sabit noktaların yerini ayarlayarak eğriler çiziminde kullanılabilir.



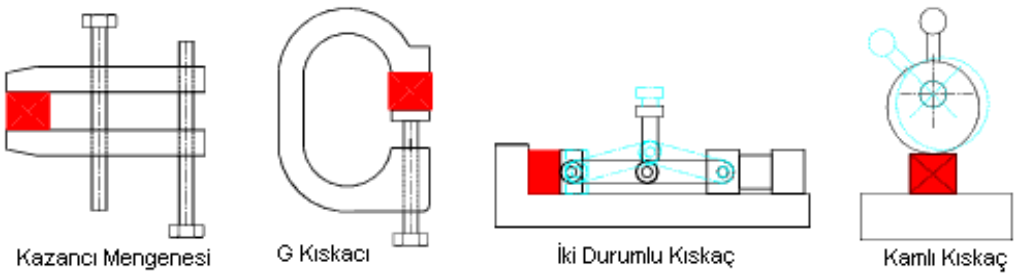
Şekil 1.71: Eğri üreteci



Şekil 1.72: Eğri üreteci

1.5.10. Sıkma ve Konumlama Mekanizmaları

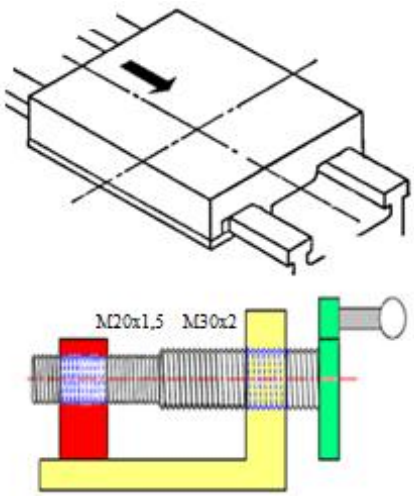
İş parçalarını sıkmak ve konumlamak için vidalı birleştirmeler, kamlı kıskaçlar, manivelalı sistemler kullanılır. Sıkma ve konumlama işi çoğunlukla vida kuvveti ve iki durumlu manivela hareketleri ile sağlanır. Burada önemli nokta, bir kuvvet uygulamak ve bu kuvveti, ilk hareketi veren sebep (örneğin elin bir kolu çevirmesi) ortadan kalksa bile muhafaza etmektir.



Şekil 1.73: Sıkma ve konumlama mekanizmaları

1.5.11. Doğrusal Hareketlendirici Mekanizmalar

Dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmek için kullanılır. Tezgâh tablalarının hareketini sağlayan mekanizmaları, krikoları içine alır. Burada hareketi veren vida sabit, somun dönerek ileri geri hareket eder. Bazı durumlarda somun sabitken vida ileri geri oynayabilir.



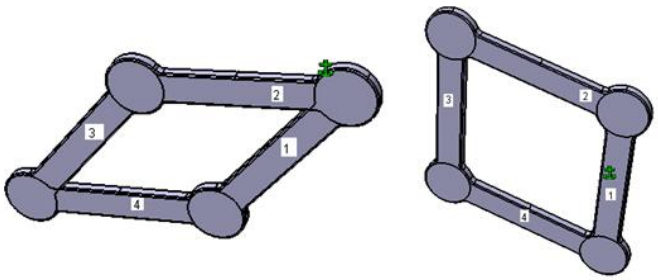
Şekil 1.74: Doğrusal kızaklar

1.6. Ters Kinematik

Daha önce de tanımlandığı gibi mekanizma kinematik zincirdeki uzuvlardan birini bir yere sabitleyerek tanımlanır. Kinematik bir zincirdeki farklı uzuvlar sabit uzuv olarak seçildiğinde tüm uzuvlardaki bağıl (göreceli) hareketler değişmez. Buna rağmen sabit uzva

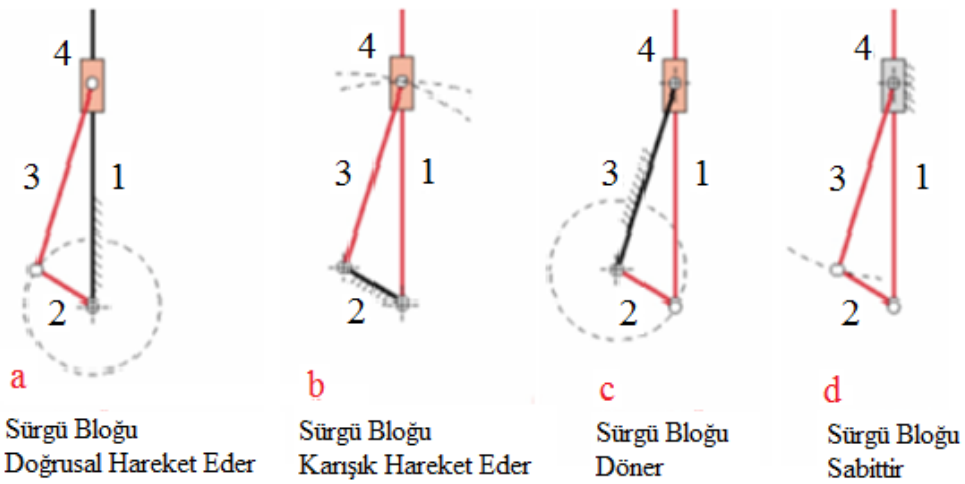
göre hareketleri tamamıyla değişebilir. Kinematik zincirin farklı azalarını, sabit uzuv olarak seçme işi ters kinematik ya da kinematik mübadele olarak adlandırılır.

Şekil 1.75'te, önce 1 sonra 2 numaralı uzuvlar sabit uzuv olarak seçilmiştir. Buna göre iki farklı hareket şekli elde edilmiştir.



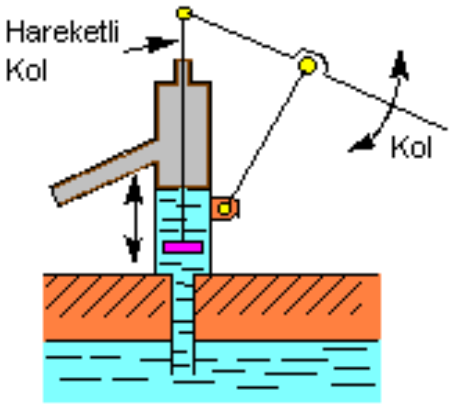
Şekil 1.75: Sabit uzvun değişimi

Ters kinematikle uygulamalarda verilen bir kinematik zincirden yeni birçok mekanizma türetilebilir. Şekil 1.76 (a)'da görülen krank-biyel mekanizmasında, sabit uzuv değiştirilerek b-c-d mekanizmaları meydana getirilebilir.



Şekil 1.76: Ters kinematik uygulamaları

Şekil 1.77'de görülen tulumba, Şekil 1.76 (b)'nin bir uygulamasıdır.



Şekil 1.77: Tulumba

1.7. Mekanizmaların Hareketi

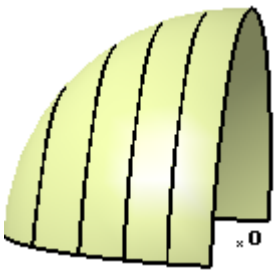
Rijit bir cisim anlık olarak, konumunu ve yönünü değiştiriyorsa hareket halinde olduğu kabul edilir. Konum değişimi kendisine bağlı ya da yakınında bulunan başka bir cisme ya da parçaya göre belirleneceğinden, göreceli bir ölçmedir. Mekanizmaların kinematiği ise mekanizma ya da makineleri meydana getiren uzuvlar arasındaki bu göreceli hareketin incelenmesidir. Bu incelemede harekete sebep olan unsurlar ve kütlesel atalet momentleri ihmal edilir. Bu konu, "Makine Dinamiği" bilim dalının konusudur. Kütle veya dış kuvvetler sebebi ile uzuvlarda oluşan kuvvetlerin büyüklükleri, mukavemet analizlerine yardımcı olur.

Mekanizmalar hareket kabiliyetlerine bağlı olarak üç tip harekete maruz kalır.

- Düzlemsel hareket
- Küresel hareket
- Uzaysal hareket

- **Düzlemsel Hareket:** Rijit gövdedeki tüm parçacıklar birbirine paralel düzlemlerle sınırlıdır. Düzlemsel hareket yapan bir mekanizmada, uzuvları meydana getiren tüm noktaların konumları, bir düzlem içinde çizilebilir. Düzlemsel mekanizmalarda prizmatik ve döner mafsallar kullanılır. Döner mafsalın ekseni hareket düzlemine paralel, prizmatik mafsalın ötelenme yönü ise hareket düzlemine dik olmak zorundadır.

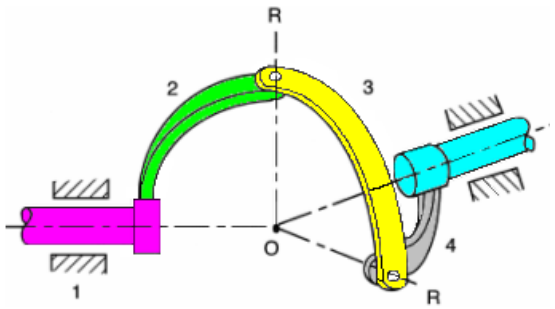
- **Küresel Hareket:** Rijit gövdedeki tüm noktaların hareketi bir kürenin yüzeyi ile sınırlandırılmışsa bu, küresel bir harekettir. Küresel harekette cismin bir noktası sabit kalır. Bu hareketi yapan mekanizmalara, küresel mekanizmalar denir. Küresel mekanizmalarda hareketli tüm uzuvlar, ortak olan sabit bir nokta ya da merkez etrafında eşmerkezli hareketler yapar. Sabit noktaya göre küre merkezi denir. Tüm mafsal eksenleri ortak bir noktada kesişir.



Şekil 1.78: Küresel yörünge

Döner mafsallar, küresel mekanizma inşasına izin veren tek düşük eşli mafsaldır.

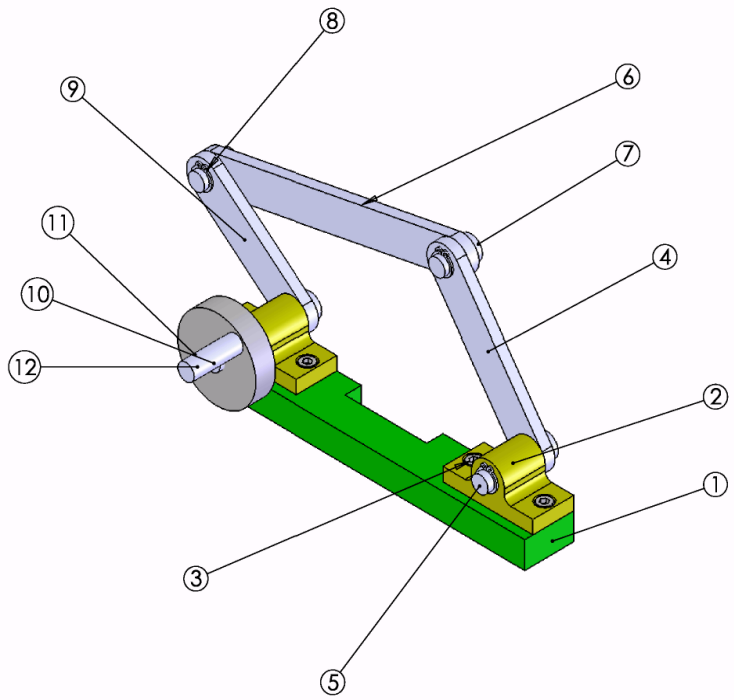
Şekil 1.792'da üniversal mafsal olarak bilinen dört çubuklu küresel bir mekanizmayı göstermektedir. Şekil 1.62'de görülen Hooke mafsalı ile aynı işi yapar. Üniversal mafsal, eksenleri farklı açılarda kesişen miller arasında hareket iletirler. Miller arasında açı farklılığından dolayı giriş mili ile çıkış mili arasında hız farklılığı vardır. Arka tekerlekten çekişli araçlarda, bu hız farklılığını gidermek için iki üniversal mafsalı, dişli kutusu ile diferansiyel arasına seri olarak bağlanır.



Şekil 1.79: Üniversal mafsal

Dört döner mafsal, ortak "O" noktasında kesişir. 1 numaralı uzuv sabittir. 2 numaralı uzuv giriş, 3 numaralı uzuv bağlantı ve 4 numaralı uzuv çıkış elemanı, yani hareketin aktarıldığı mildir. Bu 4 çubuğun boyutları, mafsal eksenleri arasındaki açılara göre tayin edilir. 3. uzuvdaki tüm noktalar sabit "O" noktasını merkez alan küresel yüzeyler üzerinde hareket eder. 2. uzuv sabit eksen etrafında hareket eder. Üzerindeki herhangi bir noktanın yolu, dönme eksenine dik bir çember üzerindedir. Dönme ekseni "O" noktasından geçtiğinden 2. uzuvdaki noktaların "O" merkez noktalı küre üzerinde hareket ettiğini düşünürüz. Benzer şekilde 4. uzuv da küresel alanda hareket eder. Böylece tüm uzuvlar küresel hareketi haizdir.

Uzaysal hareket: Bir cismin hareketi ne düzlemsel ne de küresel ise buna uzaysal hareket denir. Bu mekanizmalara özgü doğrudan bir hareket yoktur. Buna rağmen uzaysal mekanizmalarda biri diğerine paralel olmayan, düzlemsel hareket yapan birkaç uzuv bulunabilir. Küresel ve düzlemsel mekanizmalar uzaysal mekanizmaların özel halleri olarak düşünülür. Kendi mafsal eksenlerinin yönünde özel geometrilerinin bir sonucu olarak oluşurlar.

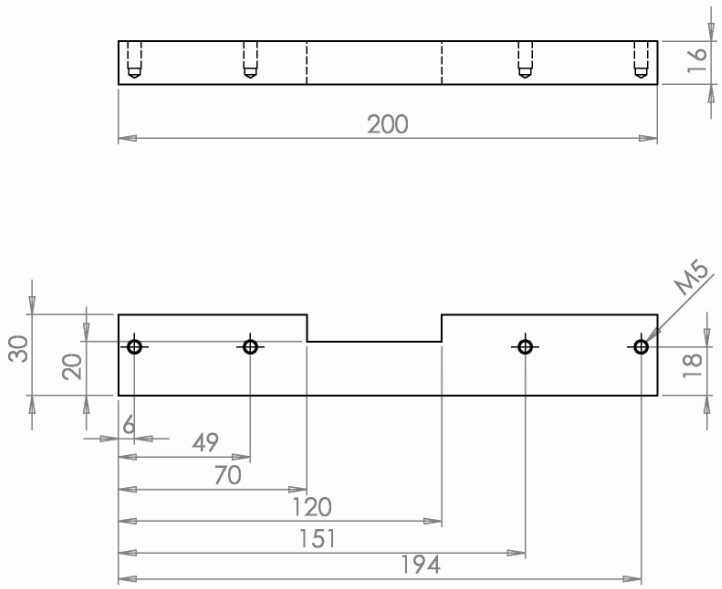


Sayı	Parça Adı	Resim No Standart No	Parça No	Gereç	Açıklamalar
20	Toplam Parça Sayısı				
1	Çevirme Kolu	DÇM - 1_12	12	Ck 15	
1	Çevirme Diski	DÇM - 1_11	11	Ck 15	
1	Perno 10 h11 x 55	TS 69/4	10	Ck 15	
1	Krank Kolu	DÇM - 1_09	9	Ck 15	
4	Emniyet Segmanı 10x1	DIN 471	8		Hazır
2	Perno 10 h11 x 16	TS 69/4	7	Ck 15	
1	Biyel Kolu	DÇM - 1_06	6	Ck 15	
1	Perno 10 h11 x 36	TS 69/4	5	Ck 15	
1	Salıngaç Kol	DÇM - 1_04	4	Ck 15	
4	Allen Başlı Civata M5x10	TS 1020/10	3	8.8	Hazır
2	Yatak	DÇM - 1_02	2	DD 26	
1	Taban	DÇM - 1_01	1	Fe 37	

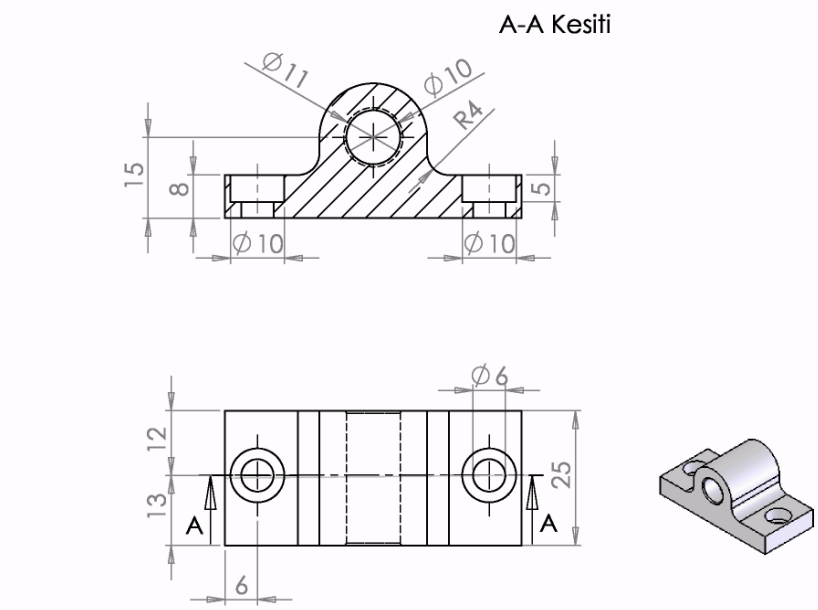
	Tarih	Adı	İmza	Sayı	
Çizen					MAZHAR ZORLU ANADOLU TEKNİK ve PLASTİK ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ
Kontrol		Murat ÖZDEVECİ			
Stan.Kont.					

Ölçek		Resim Numarası
1:2	DÖRT ÇUBUK MEKANİZMASI	DÇM - 1

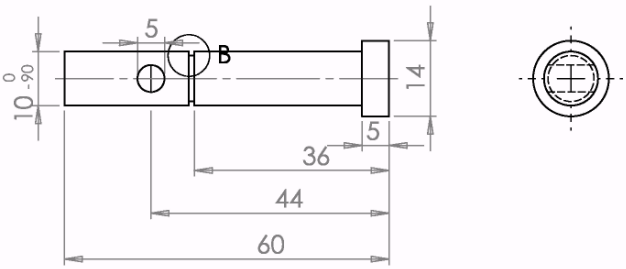
Aşağıda komple ve detay resimleri verilen dört kollu mekanizmayı imal ediniz. Öğrencilerin gruplar oluşturarak çalışmaları önerilir.

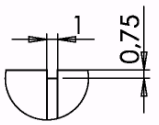


Fe 37	1:2	1	Taban		DÇM - 1_01
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

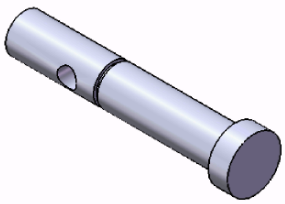


DD 26	1:1	2			DÇM - 1_02
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

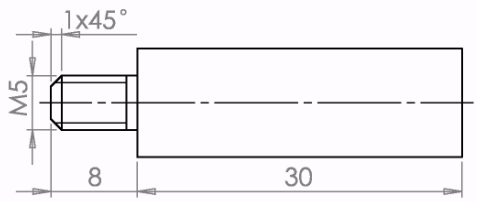


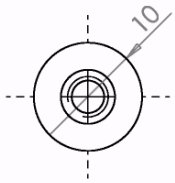


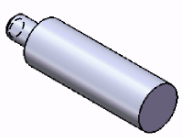
B Detayı
Ölçek 2 : 1



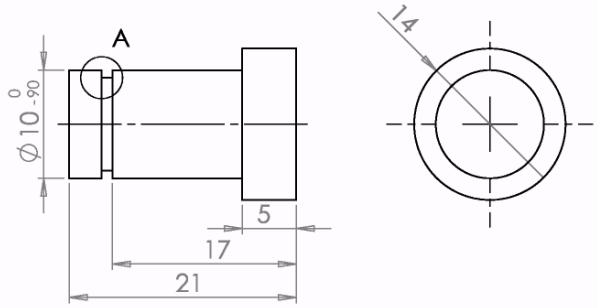
Ck 15	1:1	1	Perno 10 h11 x 55		TS 69/4
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

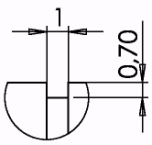




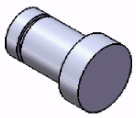


Ck 15	2:1	1	Çevirme Kolu		DÇM - 1_12
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

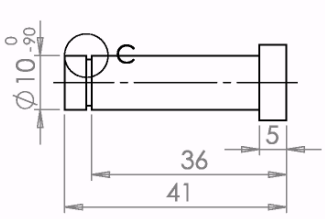




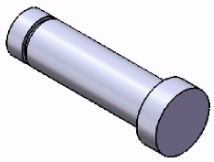
A DETAYI
ÖLÇEK 4 : 1



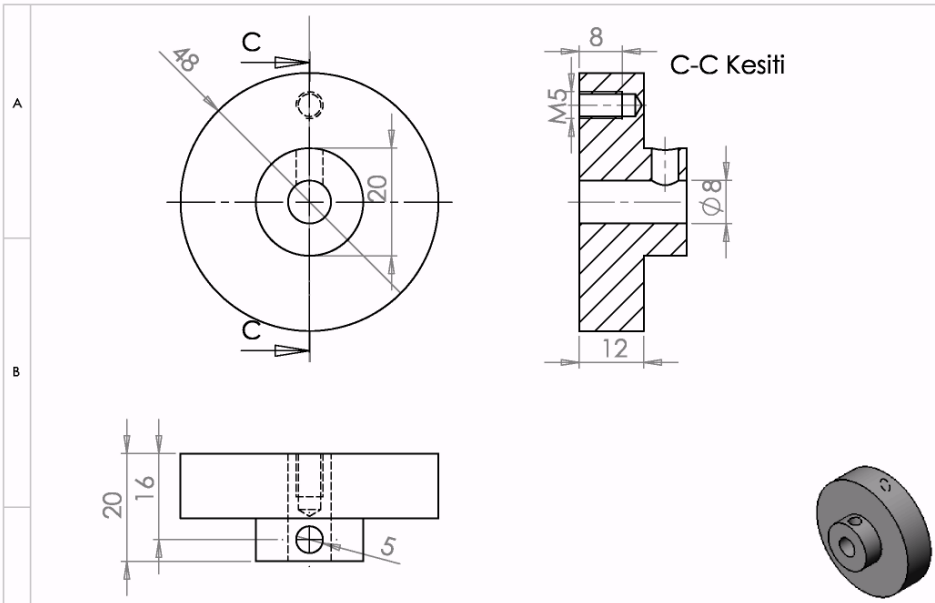
Ck 15	2:1	2	Perno 10 h11 x 16		TS 69/4
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



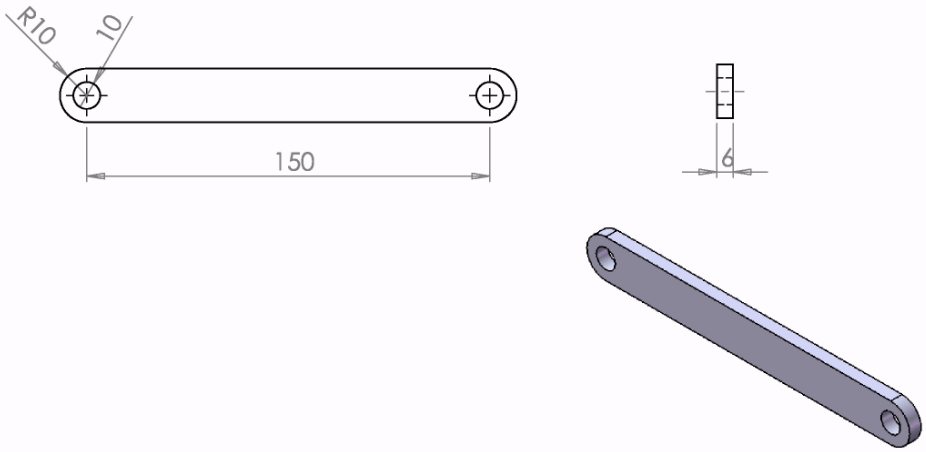
C Detayı



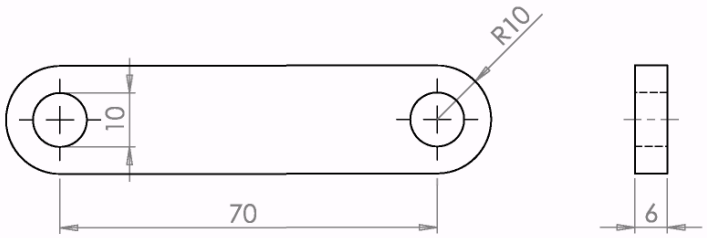
Ck 15	1:1	1	Perno 10 h11 x 36		TS 69/4
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

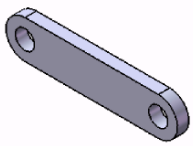


Ck 15	1:1	1	Çevirme Diski		DÇM - 1_11
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

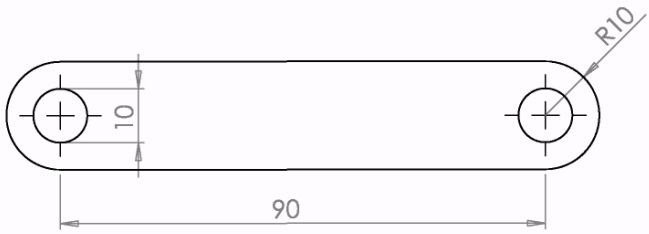


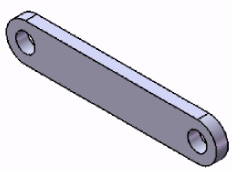
Ck 15	1:2	1	Biyel Kolu		DÇM - 1_06
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası





Ck 15	1:1	1	Krank Kolu		DÇM - 1_09
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası





Ck 15	1:1	1	Salıngaç Kol		DÇM - 1_04
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Bu mekanizmayı grup çalışması ile yapacağınız için öncelikle grupta kimin hangi işi yapacağına karar veriniz. ➢ İşlerin hangi tezgâhlarda yapılacağına karar veriniz. ➢ İşlerin yapılış öncelik sırasını belirleyiniz. ➢ İş parçalarının malzemelerini işleme paylarını vererek kesiniz. ➢ Grup üyeleri yapacağı iş parçasının işlem sıraların belirlemeliler. ➢ İşlem sırasına göre kullanacağınız takımları ayarlayınız. ➢ Tezgâhlara uygulayacağınız devir sayılarını ve kesme hızlarını hesaplayınız. ➢ Torna kalemlerini eksende bağlayınız. ➢ Freze çakılarını sağlam bağlayınız. ➢ İş parçalarını sağlam bağlayınız.	➢ Kullanacağınız kesici takımların kesme açılarını kontrol ediniz. ➢ Birbiri ile çalışan parçaları işlerken mutlaka işleme öncelik sırasına dikkat ediniz. Aksi durumda bu parçalar birbiri ile çalışamazlar. ➢ İş parçalarını işlerken ölçü ve kontrol aletleri ile sık sık kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME	EVET	HAYIR
Hangi düzeneklerde düzlemsel mekanizmaların kullanıldığını kavradınız mı?		
Mafsalların hangi amaç için kullanıldığı öğrendiniz mi?		
Bir mekanizmada kaç serbestlik derecesini olduğunu bulabiliyor musunuz?		
Mekanizma çeşitlerini öğrendiniz mi?		
Birbiri ile çalışan elemanların işleme öncelik sırasını belirlediniz mi?		
İşleme öncelik sırasına göre mekanizmayı oluşturan elemanları işlediniz mi?		
Mekanizmanın montajını gerçekleştirdiniz mi?		
Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bürüm cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1) Mekanik hesaplarda neler incelenir?
   A) Mekanizmaların yaptığı işler.
   B) Mekanizmaların boyutları
   C) Hareket ve bu harekete sebep olan kuvvetler
   D) Hareket eden mekanizma

2) Statik bilimi neyi inceler?
   A) Cisimlerin hareket halindeki durumlarını inceler.
   B) Cisimlerin durgun haldeki durumlarını inceler.
   C) İstatistik yapıları inceler.
   D) Üretim maliyetini inceler.

3) Cisimlerin hareketini, hız ve ivme yönünden inceleyen bilim dalı aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Fonksiyon üretimi
   B) Yörünge üretimi
   C) İvmelendirme
   D) Hareket dönüşümü

4) Bir mekanizmada serbestlik derecesi neye göre belirlenir?
   A) Hareket sayısına göre
   B) Kayış kasnak sayısına göre
   C) Kol sayısına göre
   D) Uzuv ve mafsal sayılarına göre

5) Uzuvların hareket kabiliyetine göre aşağıdakilerden hangisi dört çubuk mekanizmasının görevlerinden değildir?
   A) Fonksiyon üretimi
   B) Yörünge üretimi
   C) İvmelendirme
   D) Hareket dönüşümü

6) "İstenen bir amacı gerçekleştirebilecek şekilde her bir parçaya şekil verilmesi, boyutlandırılması ve malzeme seçimidir." Bu ifade aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?
   A) Tasarım
   B) Analiz
   C) Çözüm
   D) İmalat

7) Kuvvet uygulandığında şeklini değiştirmediği kabul edilen cisimlere ne ad verilir?
   A) Sünek cisim
   B) Rijit cisim
   C) Gevrek cisim
   D) Sert cisim
8) Aşağıdakilerden hangisi mekanizmaların maruz kaldığı hareket tiplerinden değildir?
   A) Düzlemsel hareket
   B) Küresel hareket
   C) Uzaysal hareket
   D) Yatık hareket

9) Aşağıdakilerden hangisi dört çubuk mekanizmasının kullanım alanlarından değildir?
   A) Kepçeler
   B) Takım çantaları
   C) Pantograf
   D) Otobüs kapılarında

10) Kulis tertibatı da denilen hızlı geri dönüş mekanizması hangi takım tezgâhında kullanılmaktadır?
   A) Torna tezgâhı
   B) Vargel tezgâhı
   C) Freze tezgâhı
   D) Planya tezgahı

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

AMAÇ

Standartlara uygun olarak kayma hareketi yapan mekanizmalar yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Sevgili öğrenci, bu öğrenme faaliyetinden önce fizik dersinden öğrendiğiniz dairesel hareket, matematikten türev formüllerini ve birim vektör kavramlarını gözden geçirmelisiniz.

2. RİJİT CİSİMLERİN KİNEMATİĞİ

Rijit cisimlerin hareketine düzlemsel hareket denir.

2.1. Rijit Mekanizmaların tanımı

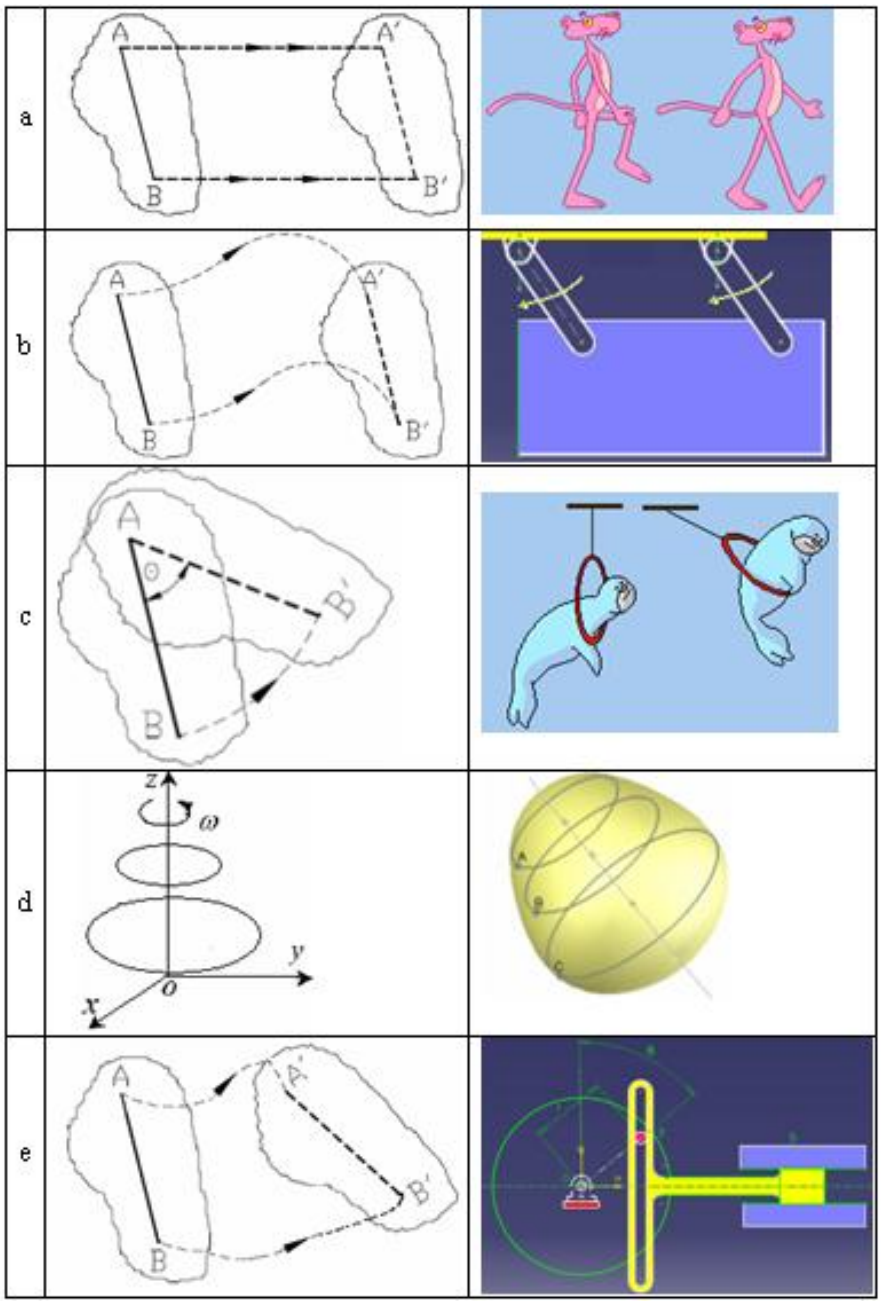
Düzlemsel harekette, cismin bütün noktaları ya da parçacıkları sabit bir düzlemden eşit uzaklıkta bulunan yörüngeler boyunca hareket eder. Düzlemsel hareket:

- Öteleme
- Sabit bir eksen etrafında dönme
- Genel düzlemsel hareket olmak üzere üçe ayrılır.

  - **Öteleme**: Bir cismin herhangi bir noktası, hareketi sırasında doğrultusunu muhafaza eder. Ötelenmede cismin her noktası paralel yörüngeler üzerinde hareket eder. Bu yörüngeler bir doğru parçası ise harekete doğrusal öteleme (Şekil 2.1 a), bu yörüngeler bir eğri ise eğrisel öteleme denir (Şekil 2.1 b). Ötelemede cismin bütün noktalarının hız ve ivmeleri eşit olur. Doğrusal ötelemede noktaların hız ve ivmelerinin şiddetleri ile doğrultuları aynı kalmakla birlikte eğrisel ötelemede her lahza değişmektedir.

  - **Dönme**: Rijit cismi meydana getiren noktalar, sabit bir nokta (Şekil 2.1 c) ya da sabit bir eksen etrafında (Şekil 2.1 d) döner. Eksen etrafında dönmede, sabit eksen merkez olmak üzere birbirine paralel düzlemler üzerinde bulunan daireler üzerinde, cismin noktaları devinirler. Sabit nokta etrafında dönmede ise bütün maddesel noktalar, eş merkezli daireler üzerinde hareket ederler.

  - **Genel Düzlemsel Hareket**: Öteleme ve dönme hareketinin birleşimidir (Şekil 2.1 e). Yuvarlanan bir kalemin hareketi ya da duvara yaslanan bir kalasın, zeminde sürtünmenin az olmasından dolayı serbestçe aşağı doğru kayması genel düzlemsel hareketin örnekleridir.



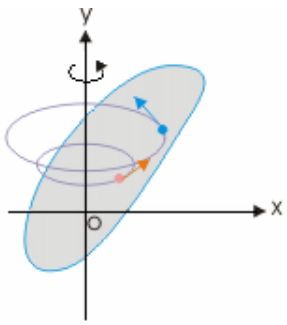
Şekil 2.1: Kinematik hareketler

Maddesel nokta deyimi, mekanikte küçük zerreleri kastetmemektedir. Daha çok, çeşitli büyüklükte olan cisimlerin (uçak, tren, sansar) hareketini, onun büyüklüğünü dikkate almadan inceleneceğini ifade etmektedir. Onları bir bütün olarak ele aldığımızı ve kendi ağırlık merkezleri etrafında dönmediği kabul edilir.

2.2. Dairesel Hareket

Günlük hayatta öteleme ya da doğrusal hareket kadar sık karşılaştığımız hareket türü de dönme hareketi, yan, dairesel harekettir. Dişli çarklar, pervaneler, tekerlekler çok sık karşımıza çıkan örneklerdir.

Rijit cismi meydana getiren her bir nokta, sabit bir eksen etrafında döner. Dönme anında da parçanın hızı sabit kalıyorsa yapılan hareket düzgün dairesel hareket, değişken ise düzgün değişen dairesel hareket adını alır. Mekanizmalarda her iki türle karşılaşılır.

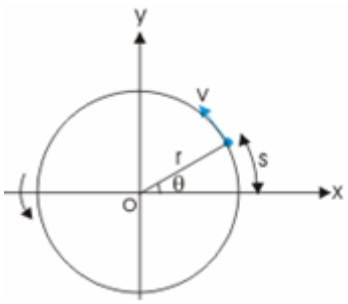


Şekil 2.2: Dönme hareketi

2.2.1. Düzgün Dairesel Hareket

Dairesel hareketle doğrusal hareket arasında birebir ilişki vardır. Açısal yer değiştirme-doğrusal yer değiştirme, açısal hız-doğrusal hız, açısal ivme-doğrusal ivme gibi.

- **Açısal Konum (θ–theta):** Bir açıyı ölçmek için iki düz çizgiye ihtiyaç vardır. Dairesel harekette, bu çizgilerden biri sabit eksen, diğeri dönen cismin üzerinden geçen çizgidir.



Şekil 2.3: Açısal konum

Kolaylık olması açısından sabit eksen kartezyen koordinatı x ekseni ile çakıştırılır. Sabit eksen ile maddesel noktayı temsil eden P noktasının dönüşünü temsil eden OP çizgisi arasındaki açı, noktanın açısal yer değiştirmesidir (θ). Bu açı tek başına noktanın konumunu tarife yeterli değildir. Noktanın hareket ettiği çemberin yarıçapı da bilinmesi gerekir.

Geometriden;

$$\theta = \frac{s}{r}$$

$s = \theta r$

Burada s, θ açısının karşısındaki yay uzunluğu, r ise dairenin yarıçapıdır. Açı değeri, boyutsuz olan radyan cinsinden ölçülür. Bir tam dönme 2π radyandır. Derece karşılığı 360^0dir.

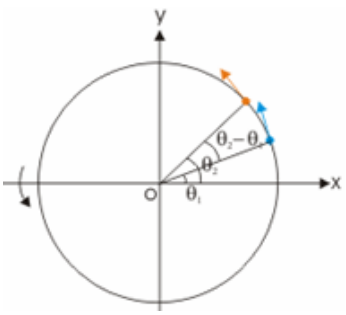
Örnek: 90^0 nin radyan ve dönme sayısı olarak karşılığını bulalım.

$$\theta = 90^0 \rightarrow 90^0 \left\{ \frac{2\pi}{360^0} \right\} = \frac{\pi}{2} \text{ radyan}$$

$$\theta = 90^0 \rightarrow 90^0 \left\{ \frac{1}{360^0} \right\} = \frac{1}{4} \text{ tur}$$

- **Açısal Yer Değiştirme (Δθ):** Dönmenin iki farklı anı arasındaki açısal konumlar arasındaki farktır.

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$



Şekil 2.4: Açısal yer değişim

- **Periyot (T):** Cismin yörüngesine bir devir yapması için geçen süreye periyot (T), bir saniyedeki dönme sayısına ise frekans (f) denir. Frekans ile periyot arasında

$$T = \frac{1}{f}$$

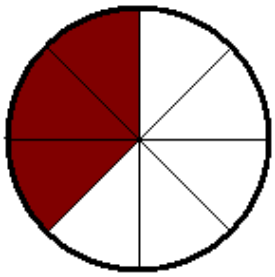
bağıntısı vardır. Periyotun birimi saniye, frekansın ise (1/s) yani *hertz*dir.

- **Açısal Hız (ω-omega):** Plakların dakikada 33 1/3 tur ya da disket sürücülerin dakikada 360 tur attığını söylediğimizde bahse konu olan hız, açısal hızdır. Belirtilen zaman diliminde ne kadar döndüğünü söylemiş oluruz.

Şekil 2.5, açısal hızı geometrik olarak göstermektedir. Her bir daire kesmesi 45 derece ya da π/4 radyandır. Daire kesmelerinin kat edilme süreleri açısal hızdır. Maddesel noktanın dakikada dönme sayısına n dersek, açısal hız:

$$\omega \text{ [rad/s]} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

olur.



Şekil 2.5: Açısal hız

Burada açısal hızın birimi devir/dakika cinsinden verilmiştir. Teknik olarak söylersek açısal yer değiştirmenin zaman aralığına bölümüdür ve birimi rad/s'dir. [rad/s], bir maddesel noktanın 1m yarıçapındaki daire üzerinde 1 saniyede aldığı yol olarak tarif edilir.

$$\omega = \frac{\Delta\theta \quad (\text{açıdaki değişim})}{\Delta t \left(\text{zamandaki değişim}\right)}$$

Bu oran, hareketin başlangıcı ve sonundaki hızlardan elde edilen ortalama açısal hızdır. Bir de anlık hız vardır. Hareket esnasında herhangi bir anda açısal hızı ölçer. Bu formül:

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$'dir. Cisim bir tam dönme yaptığında 2π radyanlık açı tarar. O halde 1 saniyede taranan açı

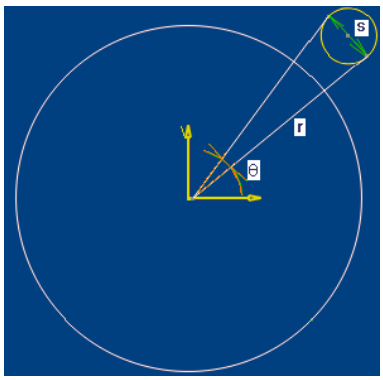
$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ olur.

Örnek: Ay yüzeyinin dünyadan görülme açısını radyan ve derece cinsinden bulalım. Ayın çapı $3.48x10^6$ m ve dünyadan uzaklığı $3.85x10^8$ m'dir.

Burada s=$3.48x10^6$ m ve r= $3.85x10^8$ m olduğundan

$$\theta = \frac{s}{r} = \frac{3.48x10^6 m}{3.85x10^8 m} = 9.04x10^{-3} rad$$

$$9.04x10^{-3} rad = \left(\frac{360^0}{2\pi rad} \right) = 0.52^0$$



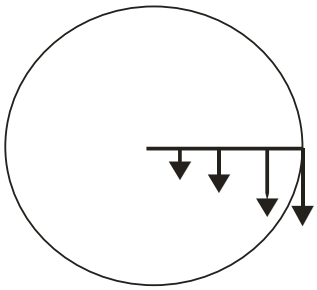
Şekil 2.6: Örnek

Örnek: Ekseni etrafında dönen dünyanın ortalama açısal hızını bulalım.

Dünya, her gün ekseni etrafında bir tam tur atar. Bu dönmeyi, açısal hızın birimi olan radyana çevirmemiz gerekir.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \left(\frac{1tur}{1gün} \right) \left(\frac{2\pi rad}{1tur} \right) \left(\frac{1gün}{24saat} \right) \left(\frac{1saat}{3600saniye} \right) = 7.27x10^{-5} rad / s$$

- **Çizgisel (Teğetsel) Hız (v):** İpe bağlı bir taşı başımızın üzerinde çevirdiğimizi düşünelim. Taş yörüngede deveran ederken aniden ipi serbest bıraksak taş yörüngesine teğet olarak fırlayacaktır. Şekilde oklar, ipin uzunluğuna bağlı olarak taşın uçup gideceği yönleri göstermektedir. Çemberin merkezine yaklaştıkça okların küçüldüğüne dikkat ediniz. Bu da teğetsel hızın yarıçapa bağlı olduğunu gösterir.



Şekil 2.7: Çizgisel hız

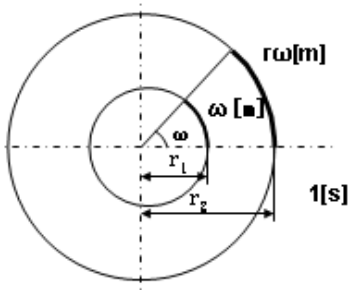
Dairesel hareket yapan bir cisim, r yarıçaplı dairenin çevresini ($2\pi r$), bir periyotluk sürede alır. Buna göre çizgisel hız,

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi fr$$

Yine dakikada 2πr yolunu **n** defa kat ederse çizgisel hız;

$$v = 2\pi r\, n$$

- **Çizgisel Hız (v) ve Açısal Hız (ω) Arasındaki İlişki:** İki noktanın eş merkezli fakat farklı yarıçaplı iki dairesel yörüngedeki dönüşünü anı zamanda tamamladığını (T periyodu eşit) kabul edelim. Dış dairedeki noktanın daha fazla yol kat edeceğinden yol farkını önlenmesi için daha hızlı hareket edeceği bir kesinliktir. Öte yandan belirtilen zamanlarda eşit açı süpürdüklerinden açısal hızları eşittir.



Şekil 2.8: ω ve v arasındaki ilişki

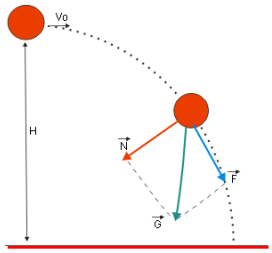
Bu gözlem çizgisel ve açısal hızlar arasındaki ilişkiyi anlamak için önemlidir.

Örnek: Büyük bir disk 225 rad/s ile dönmektedir. Merkezin 2 m uzağındaki teğetsel hızı bulun.

$$v = r\omega = (2m)(225rad/s) = 450m/s$$

2.2.2. Düzgün Değişen Dairesel Hareket

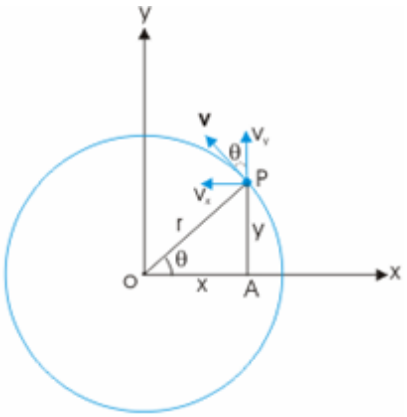
- **Merkezcil ivme (a_n):** Dairesel harekette hızın yönü, şiddetinde bir azalma olmaksızın daimi olarak değişmektedir.



Şekil 2.9: Yatay atış

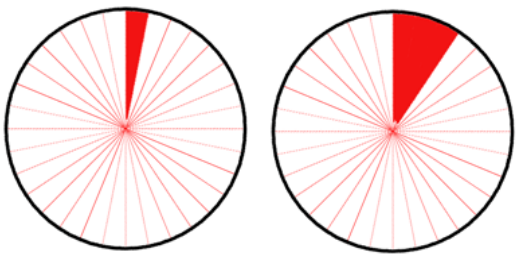
Yatay atış hareketini göz önüne alalım. Hareket anında cismin G ağırlığının teğetsel ve yörüngeye dik bileşenleri vardır. F teğetsel bileşen cismin hızını arttırırken N normal bileşen hareketin doğrultusunu değiştirir. N bileşeni, cismi dairesel yörüngede dönmeye zorlar. Cismin hızına hiçbir etkisi yoktur. Buna göre, bir cisme hareket doğrultusuna dik ve sabit büyüklükte tek bir kuvvet etkirse, cismin teğetsel ya da çizgisel hızı değişmez. Sadece vektörün doğrultusu değişeceğinden yörüngesi çember olur. Yörüngenin merkezine doğru

olan bu kuvvete merkezcil kuvvet denir. Bu merkezcil kuvvet merkeze doğru yönelen bir ivme doğurmaktadır. Yön değişikliğine sebep olan hareket iki boyutludur. Yani iki bileşenlidir. İki boyutlu koordinat sisteminin orijini çemberin merkezine yerleştirilir. Bu simetriyi sağlamada kolaylık sağlar.



Şekil 2.10: Hızın bileşenleri

- **Açısal ivme (α–alpha):** Bir dairenin π/16 radyana yani 11.25 derecelik dilimlere bölündüğünü düşünelim. Sabit bir açısal hız olursa yani hiçbir ivme olmazsa; örneğin saniyede bir dilim kat edilir. Açısal hız π/16 rad/sn. olur. Eğer π/16 rad/sn^{2}lik bir ivmelenmeden söz edilirse, ilk saniyede ilk dilim, ikinci saniyede iki dilim (bu anda toplam üç dilim), arkasından üç dilim kat edilir.



Şekil 2.11: Açısal ivme

Açısal ivmenin birimi rad/s^{2}dir. Bu ivme, açısal hız ya da çizgisel hızdaki değişim ile alakalıdır. Açısal hızın sabit olduğu durumda açısal ivme sıfırdır.

Örnek: Bir plak 3 saniye içinde 33,3 dev/dk. açısal hızdan 78 dev/dk.lık açısal hıza yükseliyor. Ortalama açısal ivmeyi bulalım.

Açısal hızların dev/dk.birimini rad/s birimine dönüştürelim.

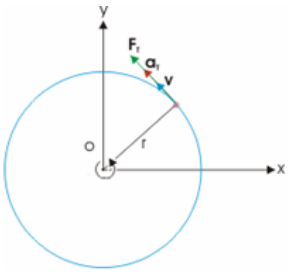
$$\omega = 33.3\left(\frac{dev}{dak}\right)\left(\frac{2\pi rad}{1devir}\right)\left(\frac{1dak}{60saniye}\right) = 3.49rad/s$$

$$\omega = 78\left(\frac{dev}{dak}\right)\left(\frac{2\pi rad}{1devir}\right)\left(\frac{1dak}{60saniye}\right) = 8.17rad/s$$

Açısal ivme:

$$\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{8.17 - 3.49}{3} = 1.56 rad/s^2$$

- **Teğetsel ivme(a_t):** Düzgün olmayan dairesel harekette hız değişir. Hızın değişimi, cisme etkiyen teğetsel kuvvetin artışı dolayısıyla teğetsel ivmelenmenin meydana gelmesidir.



Şekil 2.12: Teğetsel ivme

Şekil 2.12'den de görüleceği gibi, hız, ivme ve kuvvet aynı yöndedir. Dönen bir cisim sabit bir ivme ile hareket ediyorsa hem açısal hem de çizgisel hız değişir. Sabit ivmeli açısal hız denkleminden açısal ivmeyi çekelim.

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

v=ωr ifadesinden açısal hızı çekelim ve denklemde yerine yazalım.

$$\alpha = \frac{\left(v/r - v_0/r\right)}{t}$$

$$\alpha = \frac{1}{r}\left(\frac{v - v_0}{t}\right)$$

Parantez içindeki ifade teğetsel ivmeyi verir.

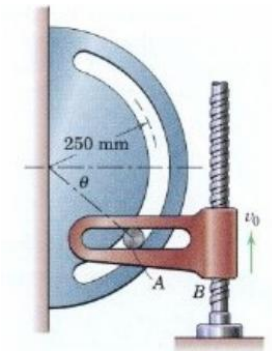
$$\alpha = \frac{1}{r} a_t$$

Teğetsel ivme,

$$a_t = \alpha r$$

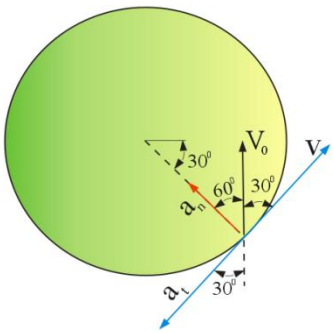
2.3. Mekanizma Problemleri

Örnek: Şekilde görülen mekanizmada A pimi sabit bir dairesel yarıkta, B parçası ile v_0 = 2 m/s'lik bir teğetsel hızla hareket ettirilmektedir. B parçasının hareketi bir yardımcıyla elde edilmektedir. A piminin $\theta = 30^0$'lik konumu geçerken normal ve teğetsel ivme bileşenlerini bulunuz?



Şekil 2.13: Örnek

Çözüm: A pimi, B parçasının v_0 dikey hızına rağmen, dairesel yarıktan dolayı teğetsel hız kazanır. Öncelikler bu teğetsel hızı bulmak gerekir.



Şekil 2.14: Çözüm

$$cos\theta = \frac{v_0}{v}$$

$$v = \frac{2}{\cos 30^0} = \frac{2}{0.866} = 2.3 \text{ m/s}$$

Merkezcil ivme,

$$a_n = \frac{v^2}{r} = \frac{(2.3)^2}{0.25m} = 21.11 \text{ m/s}^2$$

A pimi vida yardımıyla sabit olarak yukarı doğru iteklendiğinden düşey ivme sıfırdır. Bundan yararlanarak normal ivmenin ve teğetsel ivmenin düşey bileşenlerinin birbirine eşit olduğu sonucunu çıkarınız.

$$\dot{v}_0 = a_0 = 0$$

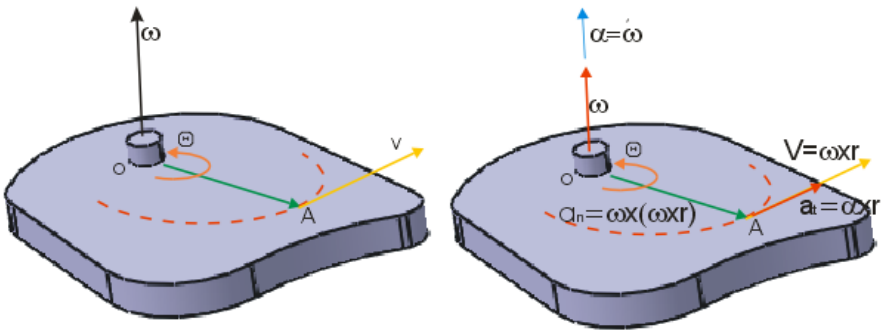
$$a_t \cos 30 = a_n \cos 60$$

$$a_t .0,866 = a_n .0,5$$

$a_t = 12,217$ m/s^2 bulunur.

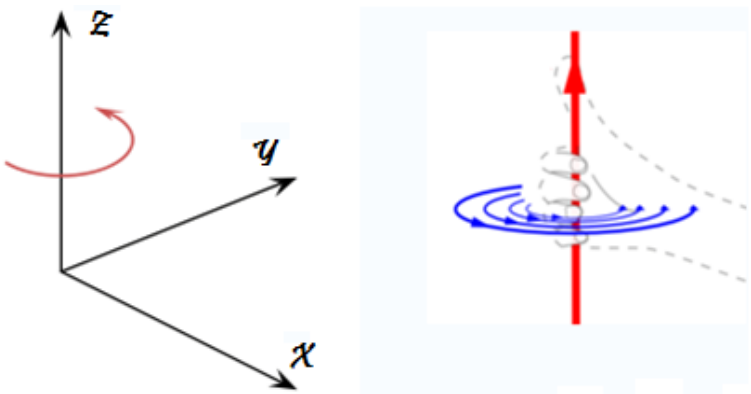
2.4. Hareketin Vektörel İfadesi

Dönme hareketine ait açısal nitelikler (yer değiştirme, hız ve ivme), doğrusal hareketteki karşılıkları gibi vektörlerle de gösterilir. Bu bakımdan vektörlerin toplama ve çarpma kurallarına tabidir. Vektör yazımı özellikle hareketin üç boyutlu analizinde kullanılır.



Şekil 2.15: Hareket bileşenlerinin vektörel gösterimi

Dönen cismin (**ω**) açısal hızı, dönme düzlemine dik bir vektörle gösterilebilir ve Şekil 2.16'da görüldüğü gibi yönü, "sağ el kuralı" uygulanarak bulunur. Sağ başparmak dönme eksenini gösterirken parmakların yönü açısal hızın yönünü göstermektedir. Saat yönünün tersi, pozitif yön olarak kabul edilir.

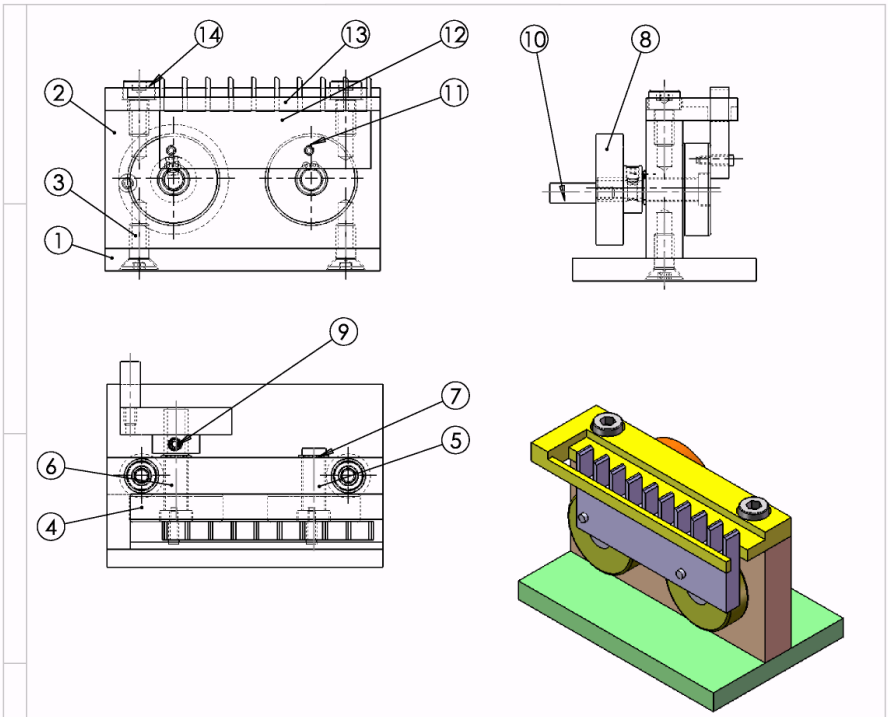


Şekil 2.16: Sağ el kuralı

v ve **r** vektörleri "xz" düzleminde iken ω vektörü, y ekseni üzerindedir. Vektörün çarpım tanımından yararlanarak **v** çizgisel hız vektörü **ω** ve **r** vektörlerinin çarpımından bulunur. Bu çarpım **v**'nin büyüklük ve yön bilgisini verir.

UYGULAMA FAALİYETİ

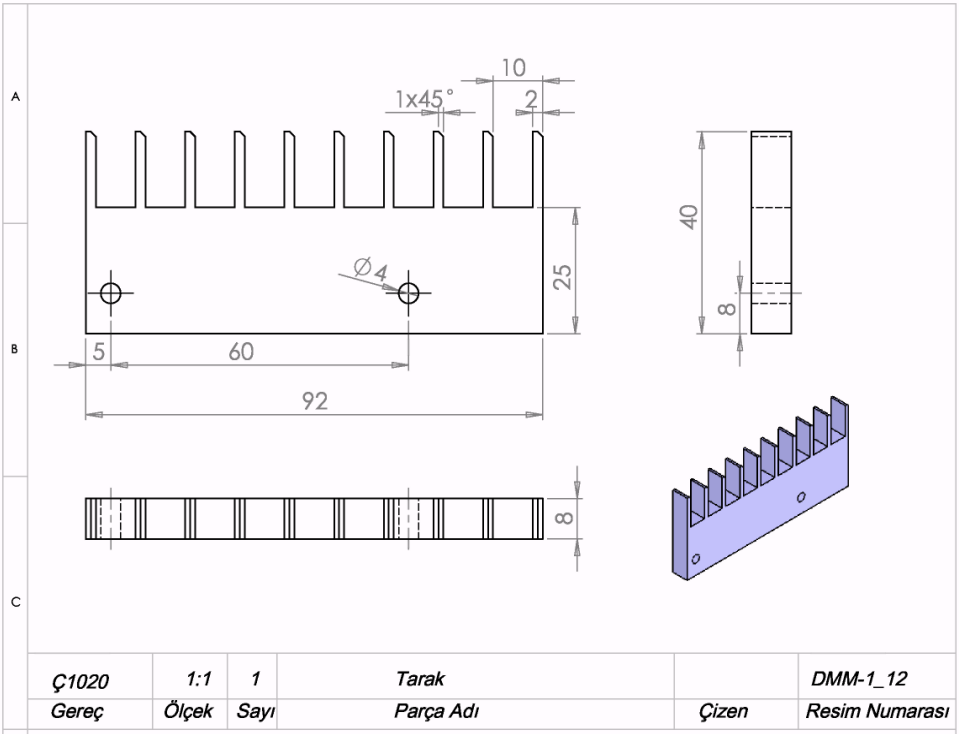
Aşağıda komple ve detay resimleri verilen dikiş mekanizmasını imal ediniz. Öğrencilerin zümre halinde çalışmaları önerilir.



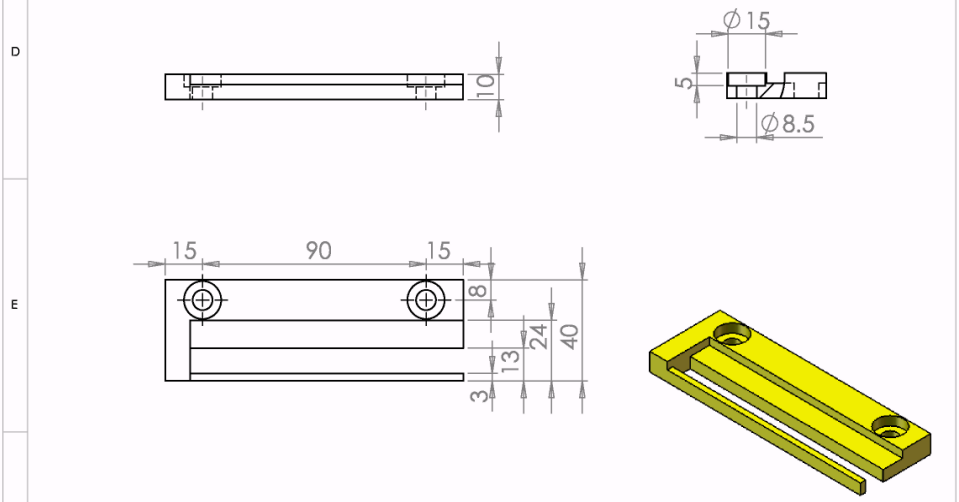
Sayı	Parça Adı	Resim No Standart No	Parça No	Gereç	Açıklamalar
18	Toplam Parça Sayısı				
2	Imbus Civata M8x16	ISO 4762	14	Hazır	
1	Ust Dayama	DMM-1_13	13	Ç1020	
1	Tarak	DMM-1_12	12	Ç1020	
1	Mil	DMM-1_11	11	Ç1020	
1	Saplama	DMM-1_10	10	Ç1020	
1	Set Uskur M5x8	ISO 4029	9	Hazır	
1	Çevirme Kasnağı	DMM-1_8	8	Ç1020	
2	Emniyet Segmanı 10x1	DMM-1_7	7	Ç1020	
2	Perno 10 h11x 42	DMM-1_6	6	Ç1020	
1	Perno 10 h11x 27	DMM-1_5	5	Ç1020	
2	Kasnak	DMM-1_4	4	Ç1020	
2	Havşa Başlı Imbus Civata M8x20	ISO 10642	3	Hazır	
1	Kaide	DMM-1_2	2	Ç1020	
1	Taban	DMM-1_1	1	Ç1020	

	Tarih	Adı	İmza	Sayı	
Çizen					MAZHAR ZORLU ANADOLU TEKNİK ve PLASTİK ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ
Kontrol		Murat ÖZDEVECİ			
Stan.Kont.					

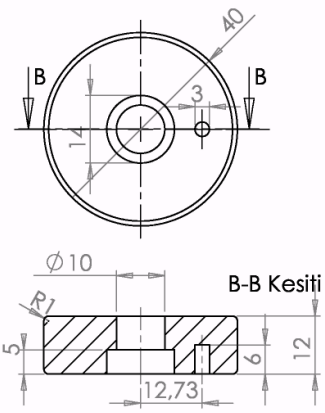
Ölçek		Resim Numarası
1:2	DİKİŞ MAKİNASI MEKANİZMASI	DMM - 1

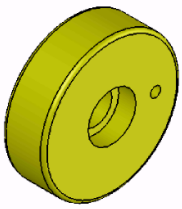


Çizen					
Ç1020	1:1	1	Tarak		DMM-1_12
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

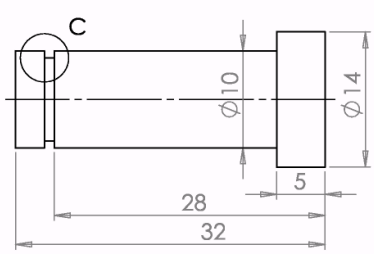


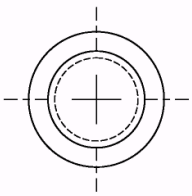
Çizen					
Ç1020	1:1	1	Ust Dayama		DMM-1_13
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

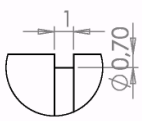




Çizen	Parça Adı	Sayı	Ölçek	Gereç
	Kasnak	2	1:1	Ç1020
DMM-1_4				
Resim Numarası				

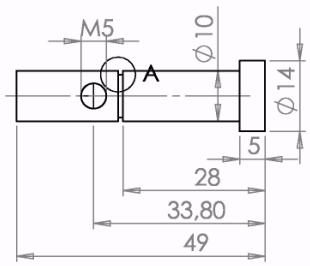


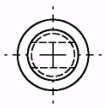




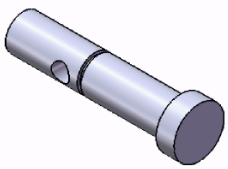
C DETAYI
ÖLÇEK 4 : 1

Çizen	Parça Adı	Sayı	Ölçek	Gereç
	Perno 10 h11x 27	1	2:1	Ç1020
DMM-1_5				
Resim Numarası				

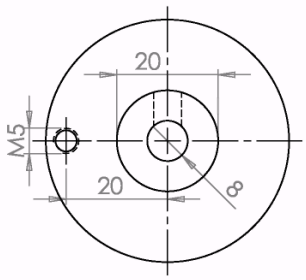


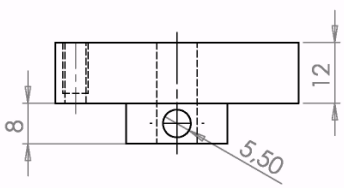


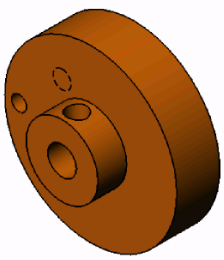
A DETAYI
ÖLÇEK 2 : 1



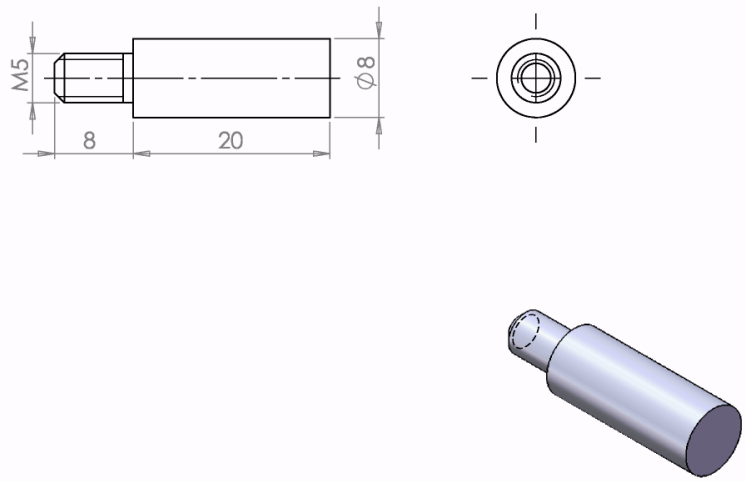
Çizen	Resim Numarası
Perno 10 h11x 42	DMM-1_6
Parça Adı	
Sayı	1
Ölçek	1:1
Gereç	Ç1020



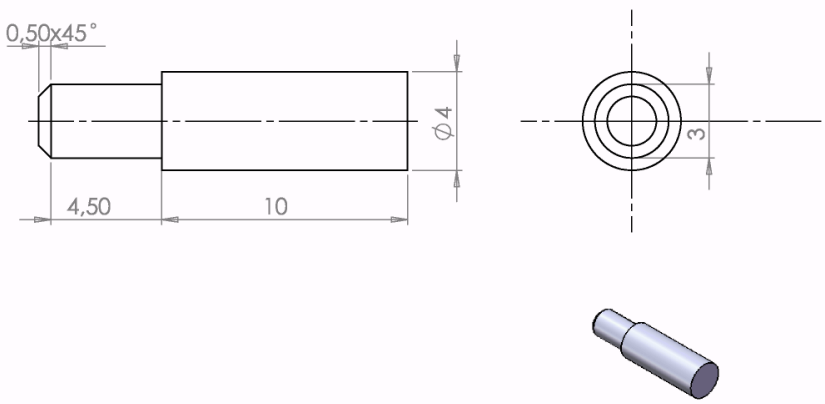




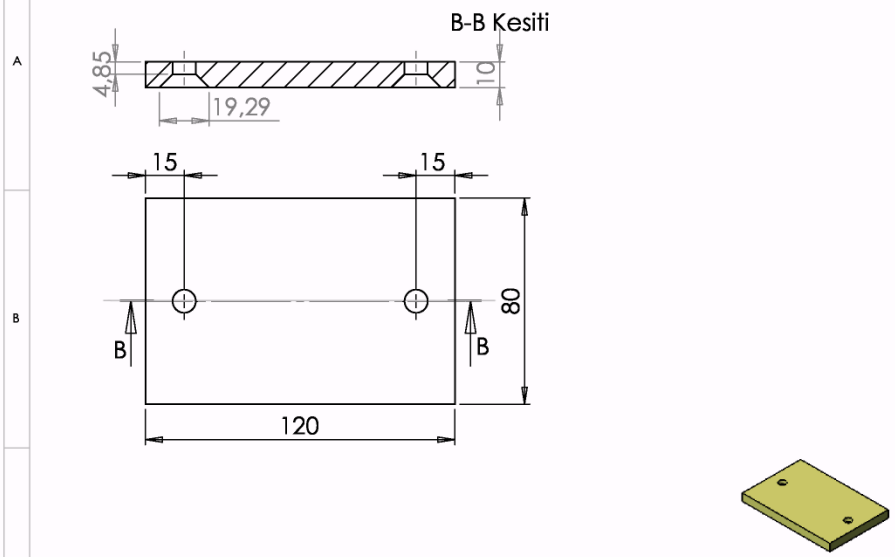
Çizen	Resim Numarası
Çevirme Kasnağı	DMM-1_8
Parça Adı	
Sayı	1
Ölçek	1:1
Gereç	Ç1020



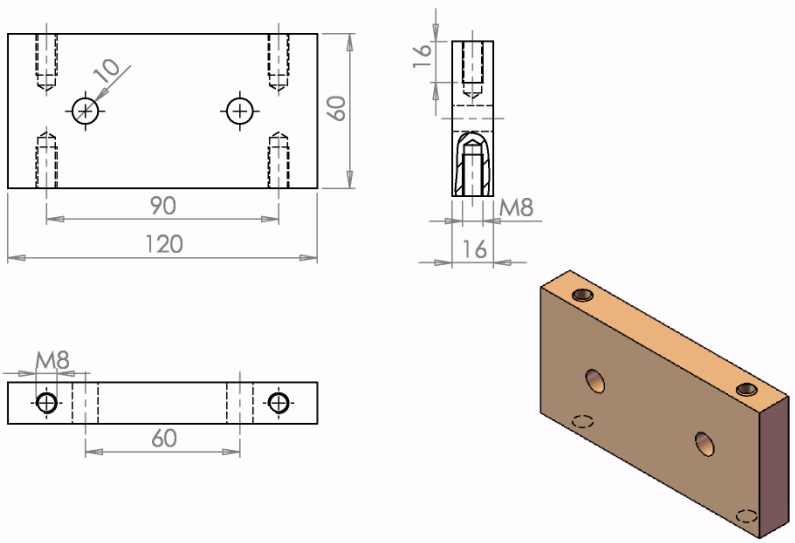
Ç1020	2:1	1	Saplama		DMM-1_10
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



Ç1020	5:1	1	Mil		DMM-1_11
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



DD26	1:2	1	Taban		DMM-1_1
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



DD26	1:2	1	Kaide		DMM-1_2
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Bu mekanizmayı grup çalışması ile yapacağınız için öncelikle grupta kimin hangi işi yapacağına karar veriniz. ➢ İşlerin hangi tezgâhlarda yapılacağına karar veriniz. ➢ İşlerin yapılış öncelik sırasını belirleyiniz. ➢ İş parçalarının malzemelerini işleme paylarını vererek kesiniz. ➢ Grup üyeleri yapacağı iş parçasının işlem sıralarını belirlemeliler. ➢ İşlem sırasına göre kullanacağınız takımları ayarlayınız. ➢ Tezgâhlara uygulayacağınız devir sayılarını ve kesme hızlarını hesaplayınız. ➢ Torna kalemlerini eksende bağlayınız. ➢ Freze çakılarını sağlam bağlayınız. ➢ İş parçalarını sağlam bağlayınız.	➢ Kullanacağınız kesici takımların kesme açılarını kontrol ediniz. ➢ Birbiri ile çalışan parçaları işlerken mutlaka işleme öncelik sırasına dikkat ediniz. Aksi durumda bu parçalar birbiri ile çalışamazlar. ➢ İş parçalarını işlerken ölçü ve kontrol aletleri ile sık sık kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME	EVET	HAYIR
Düzlemsel hareketi kavradınız mı?		
Merkezcil ivme kavramını öğrendiniz mi?		
Nelerin vektörlerle gösterildiğini öğrendiniz mi?		
Birbiri ile çalışan elemanların işleme öncelik sırasını belirlediniz mi?		
İşleme öncelik sırasına göre mekanizmayı oluşturan elemanları işlediniz mi?		
Mekanizmanın montajını gerçekleştirdiniz mi?		
Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Aşağıdaki sayıların birim dönüştürmesini yapınız.

   a) 20[dev/s] = _____ [rad/s]
   b) 1500 [dev/dk.] =_____ [rad/s]
   c) 62.8[rad/s] =_____ [dev/s] = _____ [dev/dk.]

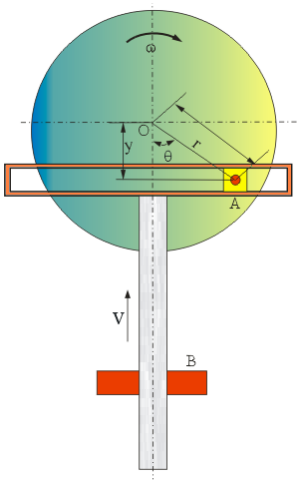
2. Aşağıda verilen değerler için çevresel hızları bulunuz.

   a) n = 50[dev/s], r = 40 [cm]
   b) n = 1200[dev/dk.], r = 20[cm]
   c) ω = π[rad/s], r = 1[m
   d) ω = 20[rad/s], r = 10[cm]

3. 40[mm] çapında bir iş parçası torna tezgâhına bağlıdır. 60 [m/min]'lik bir çevresel hızla dönerse iş parçasının ve aynanın devir sayısını bulunuz.

4. Bir otomobil 40 km/saat hızla giderken 1.2 [m] çapındaki lastiğinin dönme sayısını bulunuz.

5. $\theta = 40^0$ olduğu anda üzerinde yarık olan kılavuz, 2 m/s'lik bir hız ve 1 m/s^2lik bir ivme ile yukarı doğru hareket etmektedir. A mafsalının bu açı değerindeki açısal hız ve ivmesini bulunuz (Kolun yukarı yönlü hareketi negatif işaretli ve r=300 mm alınacaktır.).



ÖĞRENME FAALİYETİ- 3

AMAÇ

Standartlara uygun olarak dairesel hareketle güç aktarımı yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

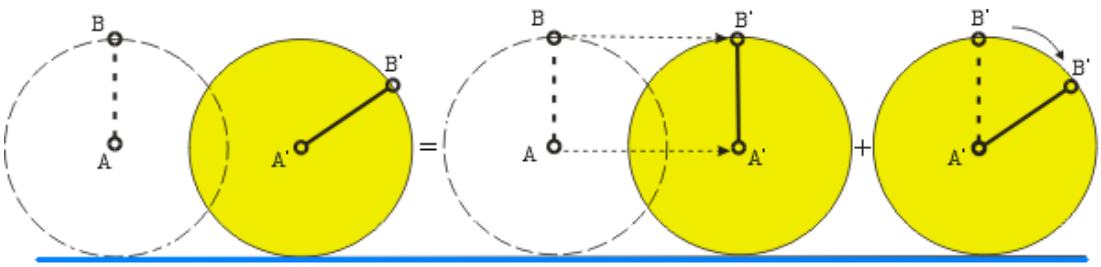
Sevgili öğrenci, bu öğrenme faaliyetinden önce mutlak ve bağıl hareket kavramlarını hatırlayınız.

3. GENEL DÜZLEMSEL HAREKET

Tekerlek gibi büyük cisimler kendi ekseni etrafında döndüğünde, cismin farklı noktaları farklı hız ve ivmelere sahip olur. Bu yüzden tekerleğin hareketi bir maddesel noktanın hareketi gibi düşünülemez. Bu yüzden büyük cisimleri, her biri kendi hız ve ivmesiyle hareket eden birçok maddesel noktadan oluşmuş kabul etmek gerekir. Genel düzlemsel hareket öteleme ve dönmenin aynı anda yapıldığı hareket olarak düşünülebilir.

3.1. Genel Düzlemsel Hareket Tanımı

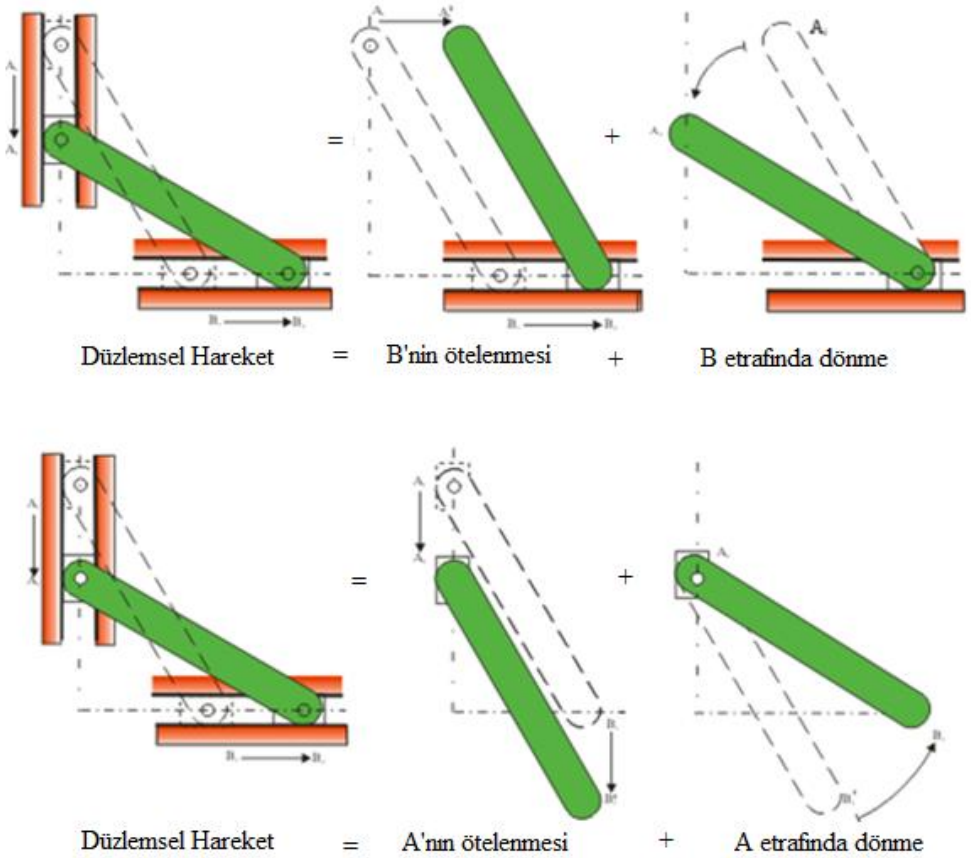
Yolda yuvarlanan bir tekerleği ele alalım. Tekerlek üzerinde belirlenen iki nokta kısa bir zaman aralığı sonunda yer değiştirsin. A noktası A' noktasına, B noktası B' noktasına ulaşmış olacaktır. Aynı sonuç AB doğrusunu A'B' doğrusuna getiren bir öteleme arkasından A' etrafında dönerek B' ye gelen bir dönmeyle de ifade edilir. Gerçek hayatta tabi ki böyle değildir ama hareketi incelemek için bu şekilde ikiye ayırmak işi kolaylaştırır.



Şekil 3.1: Tekerleğin hareketi

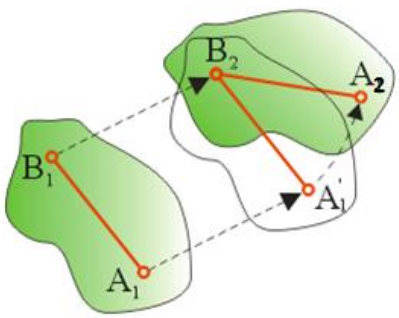
Diğer bir düzlemsel hareket örneği, Şekil 3.2'de görülen yatay ve dikey yarıklarda kayabilen bir çubuğun hareketidir. Bu hareketi ikiye ayırarak inceleyebiliriz.

- Yatay doğrultuda bir öteleme
- A etrafında dönme ya da düşey doğrultuda öteleme ve B etrafında dönme



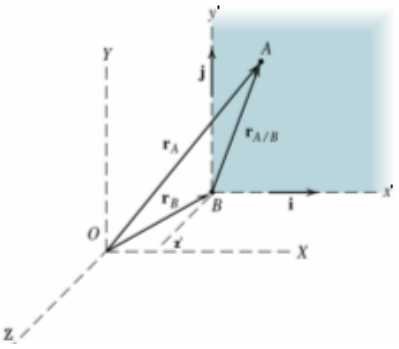
Şekil 3.2: Çubuğun hareketi

- **Bağıl hareket:** Ana levhanın A_1 ve B_1 noktalarının A_2 ve B_2 noktalarına getiren Şekil 3.3'te görülen küçük bir yer değişimini esas alalım. Bu yer değiştirme yukarıda da söylendiği gibi iki kısma ayrılabilir. Biri, doğrultusunu korumak kaydıyla A_1B_1 doğrusunun A'_1-B_2 doğrusuna gelmesi ve A'_1 noktasında dönerek A'_1 noktasının A_2ye gelmesi. İlk hareket bir ötelenme, ikincisi ise bir dönmedir.



Şekil 3.3: Ana levhanın hareketi

İkinci bölümde sabit eksen etrafında dönme anlatılırken sabit bir eksen kullanıldı. Dönme merkezinden geçen ve cismin dönmesine bağlı olmayan sabit bir eksen. Burada ise iki eksen takımı kullanılması gerekir.



Şekil 3.4: Hareketli eksen takımı

Uzayda hareket etmekte olan A ve B gibi iki maddesel noktayı ele alalım. $\mathbf{r}_A$ ve $\mathbf{r}_B$ vektörleri, sabit olarak tanımlanan Oxyz eksenine göre A'nın ve B'nin konumlarını tanımlasınlar. Şimdi hareket eden cisim üzerine başka bir eksen takımı yerleştireceğiz. Bunun için B noktasına, xyz eksenlerine paralel Bx'y'z' eksenlerini yerleştirelim. Bu son eksen öteleme yapsa bile doğrultusu değişmemektedir. $\mathbf{r}_{A/B}$ vektörü, A noktasının hareketli Bx'y'z' takımına göre bağıl (göreceli) ya da kısaca A'nın B'ye göre bağıl yerini tanımlar.

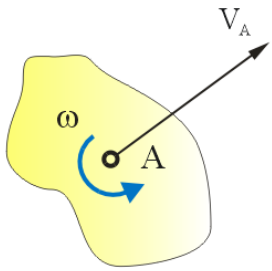
A'nın Oxyz takımına göre hareketine ise mutlak (salt) hareket denir. Mafsal noktalarındaki tüm salt hızlar birbirine eşittir. Örneğin temas eden dişlilerde olduğu gibi birbirine temas eden dişlerin mutlak hızları aynıdır. Buna göre tekrar denklemi yorumlayalım.

3.2. Anlık Dönme Merkezi

Bir önceki bölümde "Genel düzlemsel hareket yapan bir rijit cisim üzerindeki herhangi bir noktanın hızı, referans noktasının hızına, buna uygun başka bir nokta etrafında dönme sonucu oluşan bağıl hızın eklenmesiyle bulunur." dedik.

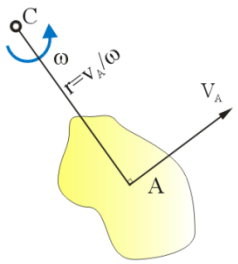
Bu bölümde geçici olarak sıfır hıza sahip tek bir referans noktasını seçerek problemleri çözmeyi öğreneceğiz. Bu durumda cisim, bu tek referans noktasından geçen ve hareket düzlemine dik olan bir eksen etrafında dönüyor kabul edilir. Bu eksene "anlık eksen" denir. Bu eksenle hareket düzleminin kesişme noktasını oluşturan bu tek referans noktasına da "**sıfır hızlı anlık merkez**" ya da "**ani dönme merkezi**" denir.

Cismin bir A noktasının ötelenmesi v_A hızı ile açısal hızı ω ile ifade edilsin. A noktasının v_A hızı ve ω açısal hızı, cismin tüm öteki noktalarının hızını belirtebilir.



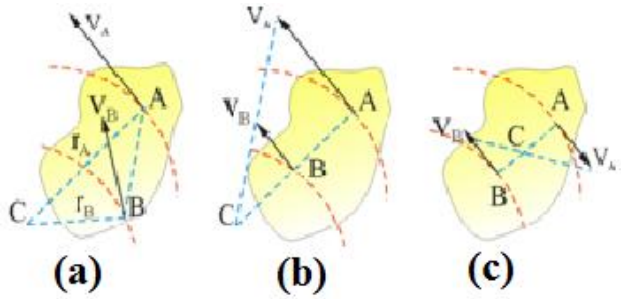
Şekil 3.5: Cismin hareketi

Bu hızlar Şekil 3.6'da görüldüğü gibi v_A hızına çizilen dikme üzerinde, A noktasından $r = v_A/\omega$ uzaklıkta bulunan bir C noktası etrafında cismi bir ω açısal hızı ile döndürerek de bulunabilir. A'nın çizgisel hızı, $v_A = r\omega = (v_A/\omega)\omega = v_A$ olduğuna göre cismin öteki tüm noktalarının hızları da tanımlı ilk hızları olacaktır. Buna göre cisim, belirli bir anda C ani dönme merkezi etrafında dönüyor gibi hayal edilebilir. Burada $v_A = 0$ ise A noktasının kendisi ani dönme merkezidir. $\omega = 0$ ise cisim ötelenme yapmaktadır.



Şekil 3.6: Anlık merkez

B noktası verilen anda anlık dönme merkezinin etrafında dairesel hareket eder. Yani cisim anlık dönme ekseni etrafında döner.



Şekil 3.7: Hızların anlık merkezi

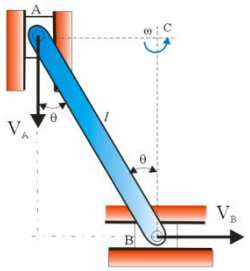
Ani dönme merkezinin yeri başka şekillerde de tanımlanabilir. Cismin iki noktasının doğrultusu aynı fakat şiddetleri farklı ise C ani dönme merkezinin yeri A'dan $v_A$ya ve B'den $v_B$ye çizilen dikmelerin kesişme noktasıdır. Eğer v_A ve v_B hızları paralel olursa C sonsuza gider ve açısal hız sıfır olur. Bu durumda cisim öteleme hareketi yapar. Yine v_A ve vB hızlarının şiddetleri belli ve AB doğrusuna dikse C ani dönme merkezi, AB doğrusu ile v_A ve v_B vektör uçlarını birleştirerek bulunur. Eğer v_A ve v_B hızları paralel olursa C sonsuza gider ve açısal hız sıfır olur. Bu durumda cisim öteleme hareketi yapar. Hızlar paralel fakat zıt

yönlü ise vektör uçlarını birleştiren doğru ile AB doğrusunun keşişim noktası üzerinde olur. Cisim hareket ettikçe ani dönme merkezi yer değiştirmektedir.

Şekil 3.8'de görülen çubuğu esas alalım. A noktasından v_A hızına ve v_B hızına dikme çıkmak suretiyle C noktası elde edilir. Bu anda çubuğa ait bütün noktaların hızları, çubuk sanki C merkezli dönüyormuş gibi tasavvur edilir. Buna göre ω açısal hızı:

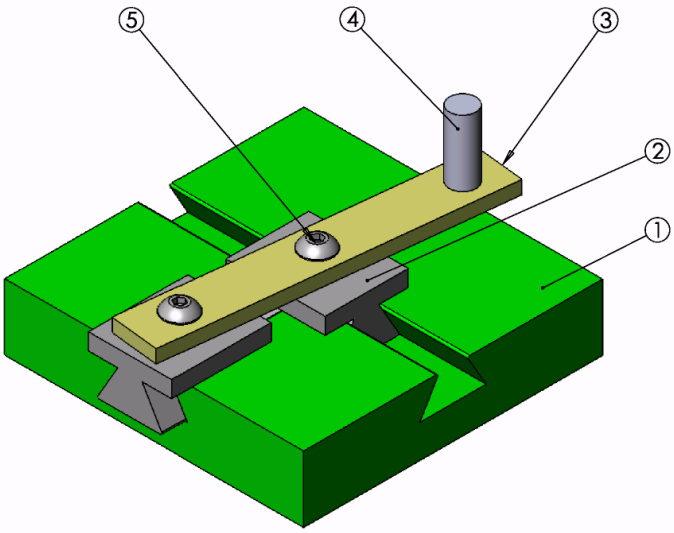
$\omega = \frac{v_B}{CB} = \frac{v_B}{l\cos\theta}$ şeklindedir. A'ya ait v_A hızı ise;

$v_A = (AC)\omega = l\sin\theta\left(\frac{v_B}{l\cos\theta}\right) = v_B\tan\theta$ olur. Dikkat edilirse sadece mutlak hızlar hesaplamalarda kullanılmaktadır.



Şekil 3.8: Kızağın anlık merkezi

Düzlemsel hareket yapan bir cismin ani dönme merkezi Şekil 3.7 (a,b,c)'de görüldüğü gibi cismin dışında ya da içinde olabilir. Cisim devindikçe ani dönme merkezi cisim üzerinde ya da uzayda hareket eder.



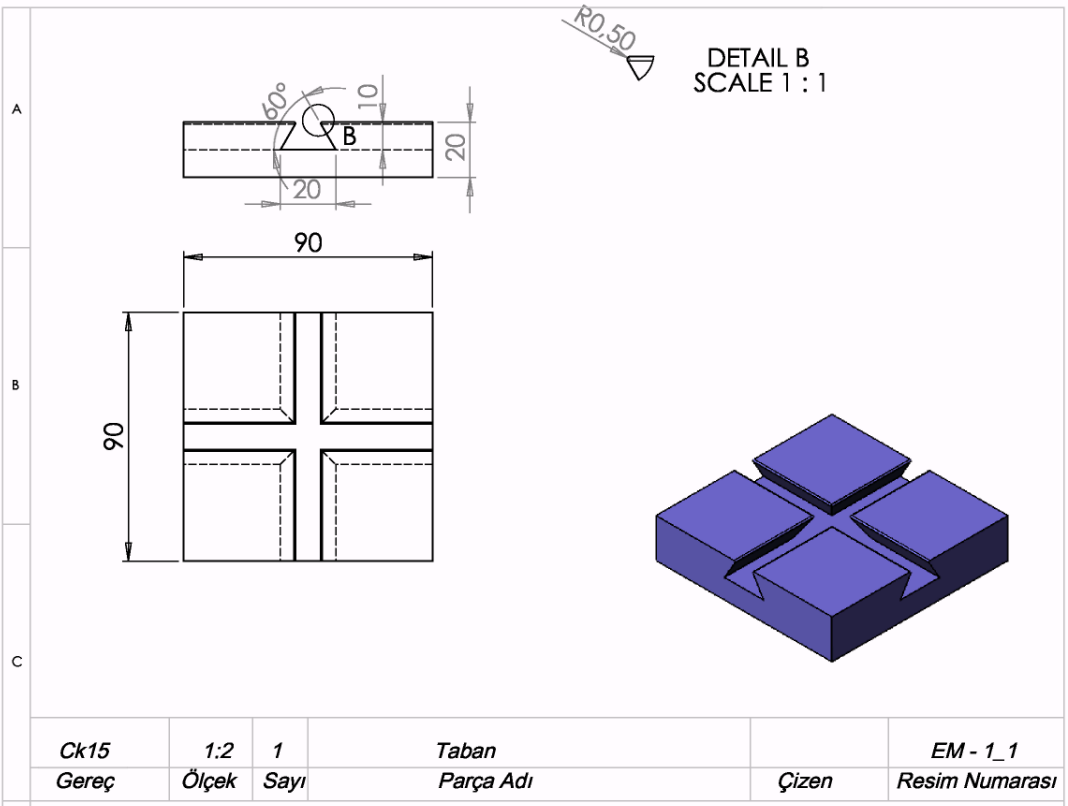
Sayı	Parça Adı	Resim No / Standart No	Parça No	Gereç	Açıklamalar
6	Toplam Parça Sayısı				
1	Çevirme Kolu	EM - 1_5	5	Ck15	
1	Mercimek Başlı Imbus Civata M5x10	ISO 7380	4	Hazır	
1	İrtibat Kolu	EM - 1_3	3	Ck15	
2	Kızak	EM - 1_2	2	CuZn33	Sert tahta yada plastikten yapılabilir.
1	Taban	EM - 1_1	1	DD26	Sert tahta yada plastikten yapılabilir.

	Tarih	Adı	İmza	Sayı
Çizen				
Kontrol		Murat ÖZDEVECİ		
Stan.Kont.				

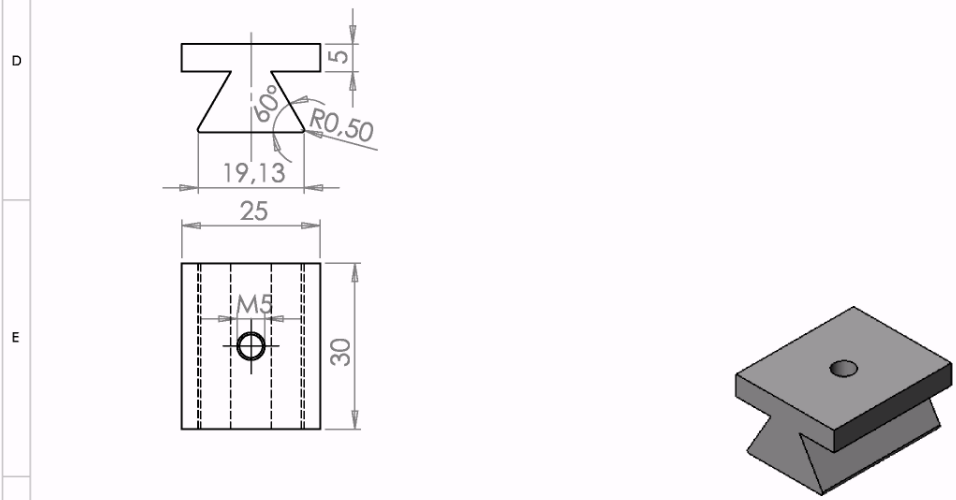
MAZHAR ZORLU ANADOLU TEKNİK ve PLASTİK ENDÜSTRİ MESLEK LİSESİ

Ölçek	ELİPS MEKANİZMASI	Resim Numarası
1:2		EM-1

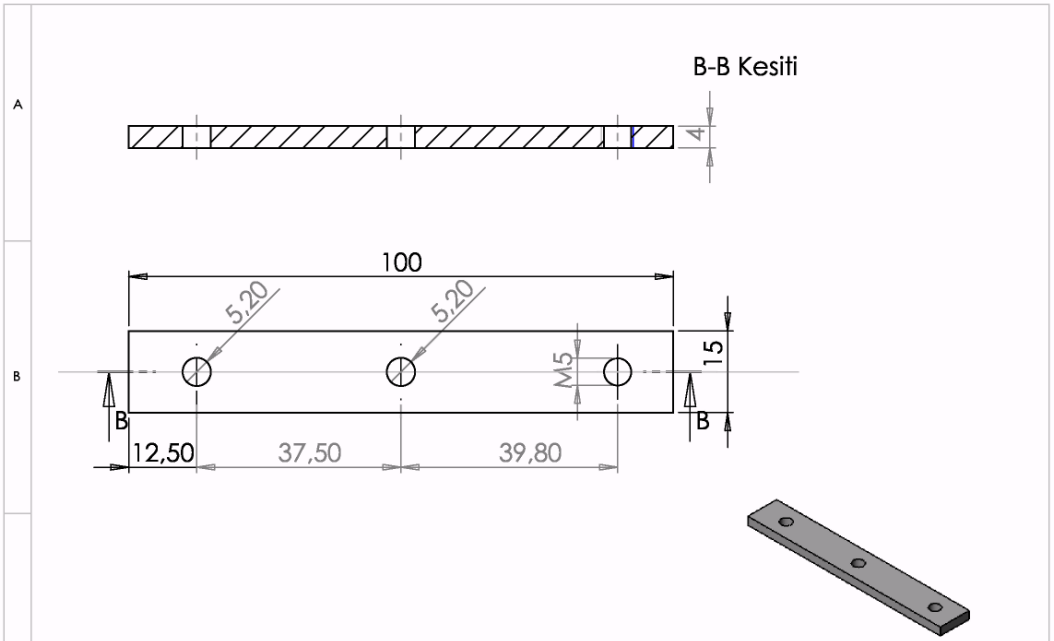
Aşağıda komple ve detay resimleri verilen dört kollu mekanizmayı imal ediniz. Öğrencilerin zümre halinde çalışmaları önerilir.



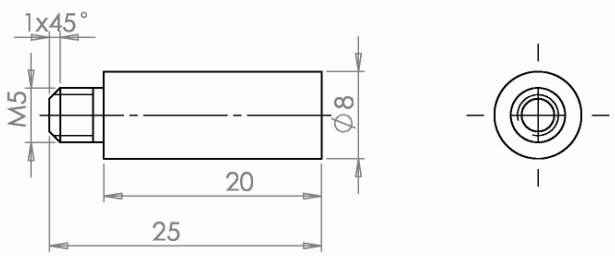
Ck15	1:2	1	Taban		EM - 1_1
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



CuZn33	1:1	2	Kızak		EM - 1_2
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası



Ck15	1:1	1	İrtibat Kolu		EM - 1_3
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

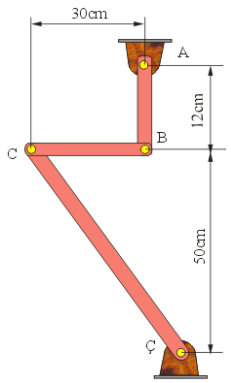


Ck15	2:1		Çevirme Kolu		EM - 1_5
Gereç	Ölçek	Sayı	Parça Adı	Çizen	Resim Numarası

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki problemi çözünüz.

Şekilde gösterilen konumda AB çubuğu, saat yönünün tersi yönünde 3 rad/s ile dönmektedir. BC ve CÇ çubuklarının açısal hızlarını bulunuz.



KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME	EVET	HAYIR
Yatay ve düşey doğrultuda ötelemeyi kavrayabildiniz mi?		
Bağıl hareketi kavradınız mı?		
Rijit cisimleri incelerken cisimlerin anlık dönme merkezleri hakkında fikir yürütebiliyor musunuz?		
Birbiri ile çalışan elemanların işleme öncelik sırasını belirlediniz mi?		
İşleme öncelik sırasına göre mekanizmayı oluşturan elemanları işlediniz mi?		
Mekanizmanın montajını gerçekleştirdiniz mi?		
Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Okulunuzda bulunan robot kolun;

1. Serbestlik derecesini,
2. Hareket türlerini bulunuz.

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

PERFORMANS DEĞERLENDİRME	**EVET**	**HAYIR**
Hangi düzeneklerde düzlemsel mekanizmaların kullanıldığını kavradınız mı?		
Mafsalların hangi amaç için kullanıldığı öğrendiniz mi?		
Bir mekanizmada kaç serbestlik derecesini olduğunu bulabiliyor musunuz?		
Düzlemsel hareketi kavradınız mı?		
Merkezcil ivme kavramını öğrendiniz mi?		
Nelerin vektörlerle gösterildiğini öğrendiniz mi?		
Yatay ve düşey doğrultuda ötelemeyi kavrayabildiniz mi?		
Bağıl hareketi kavradınız mı?		
Rijit cisimleri incelerken cisimlerin anlık dönme merkezleri hakkında fikir yürütebiliyor musunuz?		
Tüm uygulamalarda birbiri ile çalışan elemanların işleme öncelik sırasını belirlediniz mi?		
İşleme öncelik sırasına göre mekanizmayı oluşturan elemanları işlediniz mi?		
Mekanizmanın montajını gerçekleştirdiniz mi?		
Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ – 1 CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**B**
3	**A**
4	**D**
5	**C**
6	**A**
7	**B**
8	**D**
9	**D**
10	**B**

ÖĞRENME FAALİYETİ – 2 CEVAP ANAHTARI

1	**(a)** 40π rad/s
	(b) 50π rad/s
	(c) 10 dev/sn - 300 dev/dk.
2	**(a)** 40π m/s
	(b) 8π m/s
	(c) π m/s **(d)** 2 m/s
3	238 dev/dk.
4	1.94 dev
5	v_y=10,3 m/s α=94,5 rad/s^2

ÖĞRENME FAALİYETİ – 3 CEVAP ANAHTARI

ω_{BC}= 2.41 rad/s
$\omega_{CÇ=}$ 0,58 rad/s

KAYNAKLAR

- J. Edward Shigley, J. Joseph Uicker, **Theory of Machines and Mechanism,** Mc Graw-Hill Inc., 1980.
- Beer & Johnston Mc Graw-Hill, **Vector Mechanics for Engineers; Dynamics,** 1977.
- Engineering Mechanics Dynamics 8th edition R. C. Hibbeler Pearson Education 1997.
- Lung-Wen Tsai, **Mechanism Design,** CRC Press, 2001.
- Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing Mikell P. Groover, Prentice Hall 2001.
- J. L. Meriam, L. G. Kraige, John Wiley Inc., **Engineering Mechanics Dynamics,** Fourth Edition, 1999.
- E. Nelson, C. L. Best, W.G. McLean, **Theory and Problems of Engineering Mechanics Statics and Dynamics,** Schaum's Outline Series, Fifth Edition, 1998.
- Mustafa Bağcı, **Teknik Resim Cilt II,** Birsen Yayınevi, 1997.
- Ali Naci Bıçakçı- Mustafa Erkmen, **SolidWorks,** Pusula Yayıncılık, 2006.
- İ. Zeki Şen- Nail Özçilinigir, **Makine Teknik Resmi II,** Litoo Matbası 1993.
- Derviş Düzgün, **Uygulanmış Makine Elemanları,** 2001.
- Eres Söylemez, **Mechanisms,** Middle East Technical University, 1985.